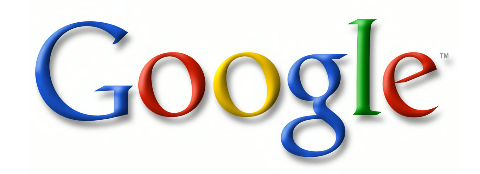
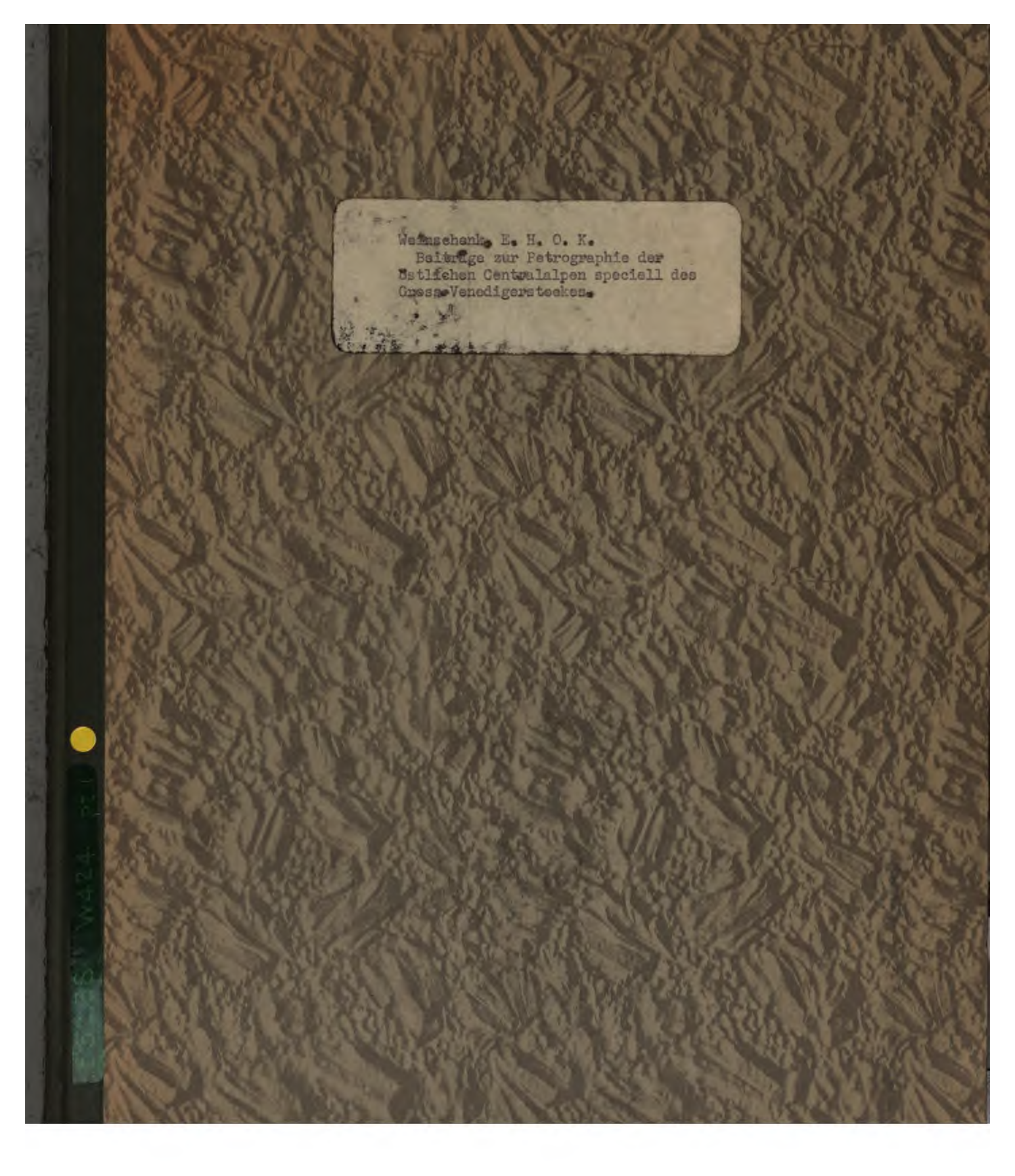



Weinschenk, E. H. O. K.
Beiträge zur Petrographie der
östlichen Centralalpen speciell des
Gross-Venedigerstockes.



Beiträge

zur

Petrographie der östlichen Centralalpen

speciell des

Gross-Venedigerstockes

von

Dr. Ernst Weinschenk.

I.

Ueber die Peridotite und die aus ihnen hervorgegangenen Serpentingesteine. Genetischer Zusammenhang derselben mit den sie begleitenden Minerallagerstätten.

(Mit 4 Tafeln.)

Aus den Abhandlungen der k. bayer. Akademie der Wiss. II. Cl. XVIII. Bd. III. Abth.

München 1894.
Verlag der k. Akademie
in Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Beiträge

zur

Petrographie der östlichen Centralalpen

speciell des

Gross-Venedigerstockes

von

Dr. Ernst Weinschenk.

I.

Ueber die Peridotite und die aus ihnen hervorgegangenen Serpentingesteine. Genetischer Zusammenhang derselben mit den sie begleitenden Minerallagerstätten.

(Mit 4 Tafeln.)

Aus den Abhandlungen der k. bayer. Akademie der Wiss. II. Cl. XVIII. Bd. III. Abth.

München 1894.
Verlag der k. Akademie
in Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Schon vor einigen Jahren hatte ich Gelegenheit,[1]) auf die eigenartigen Vorkommnisse hinzuweisen, welche in den Centralalpen in Begleitung der Serpentine beobachtet werden. Eine in grösserem Umfange ausgeführte petrographische Untersuchung derartiger Vorkommnisse aus der südlichen Hälfte des Gross-Venedigerstockes führte zu der chemisch-geologischen Deutung, dass die dort beobachteten Minerallagerstätten, soweit sie an das Auftreten des Serpentins gebunden sind, insofern in genetischem Zusammenhang mit letzterem stehen, als sie durch die metamorphosirenden Einflüsse eines feurig-flüssigen Magma (welches nach seiner Erstarrung und nach weiteren intensiven, secundären Veränderungen zur Bildung des Serpentins geführt hat) auf die umgebenden Kalkglimmerschiefer und Chloritschiefer der „Schieferhülle" entstanden sind. Das damals aus der Zusammenstellung der einzelnen Beobachtungen erhaltene Resultat, dass die untersuchten Serpentine nicht als Glieder der krystallinischen Schieferreihe anzusehen sind, sondern dass man in denselben oder vielmehr in den ursprünglichen Peridotiten und Pyroxeniten, aus welchen die Serpentine im Laufe der Zeit entstanden sind, eigentliche Intrusivgesteine vor sich habe, konnte wohl als bewiesen angesehen werden, wollte man wenigstens nicht einer Theorie zu Liebe die charakteristischsten Formen der Contactmetamorphose, welche an diesen Serpentinen in einer selten vorkommenden Mannigfaltigkeit und Schönheit der Ausbildung zu beobachten sind, auf andere Ursachen zurückführen, welche an sich heute noch in wenig exacter Weise studirt sind, und für die in dem speciellen Falle weder das geologische Vorkommen noch die mineralische Ausbildung spricht. Wenn ich es nun trotzdem unternehme, abermals auf eine petrographische und geologische Untersuchung derartiger Vorkommnisse einzugehen, so geschieht dies einestheils wegen verschiedener Angriffe, welche meine Anschauungsweise in der letzten Zeit erfahren hat, anderntheils im Hinblick auf das ganz hervorragend reiche Material, welches ich im Verlaufe der verflossenen Jahre nicht nur an den Serpentinen des Gross-Venedigerstockes selbst, sondern auch an einer grösseren Anzahl anderer derartiger Vorkommnisse gesammelt habe. Es handelt sich dabei um die mannigfaltigsten Bildungen, welche zum Theil

1) E. Weinschenk, Ueber Serpentine aus den östlichen Centralalpen und deren Contactbildungen. Habilitationsschrift. München 1891.

innerhalb der Serpentine, zum Theil in deren nächster Umgebung auftreten, und welche die reichsten und schönsten Minerallagerstätten der östlichen Centralalpen umfassen. Dieselben sind von chemisch-geologischem Standpunkt aus von ganz besonderem Interesse und schon desshalb eines wiederholten eingehenden Studiums würdig, weil sie bisher eine merkwürdige Vernachlässigung erfahren haben, trotz der eigenartigen Ausbildung der vielgestalteten Gesteine und trotzdem sie als Träger einer grossen Anzahl wohlkrystallisirter Mineralien, welche in allen Sammlungen verbreitet sind, nicht unbekannt geblieben sein können.

Die erneuten Untersuchungen der früher beschriebenen Vorkommnisse, an welche sich Studien an einer Anzahl analoger Bildungen im Stubachthal, auf der Nordseite des Venedigermassivs, sowie in der Zillerthaler Gruppe anschlossen, ergaben Resultate, welche, wie schon im Voraus bemerkt werden mag, mit den früher erhaltenen durchaus im Einklang stehen und der besprochenen Theorie über die Entstehung der Serpentingesteine und ihren Zusammenhang mit den Minerallagerstätten einen höhern Grad von Sicherheit verleihen. Wenn dabei einzelne von den zu besprechenden Bildungen eine auf sicherer Grundlage stehende Erklärung nicht gerade leicht machen, so ist doch das Gesammtbild, welches die früheren Beobachtungen zusammen mit den neuerdings gemachten ergeben, ein viel zu wohl charakterisirtes, um eine andere Erklärung als zulässig erscheinen zu lassen. Es mag wohl heutzutage, wo die verschiedenen Ansichten über die Art und Weise der Entstehung der krystallinen Schiefergesteine sich schroffer als je entgegenstehen, von Werth sein, möglichst scharf das wirklich Zusammengehörige und gleichzeitig Entstandene von denjenigen Gebilden zu trennen, welche zwar in gewissen Beziehungen Analogieen mit den eigentlichen krystallinen Schiefergesteinen zeigen, dabei aber deutlich darauf hinweisen, dass sie als etwas genetisch durchaus Abweichendes aufgefasst werden müssen. Es sind gerade in den letzten Jahren zahlreiche Untersuchungen über diesen Punkt angestellt worden, indess scheint es mir, als ob in vielen Fällen die vorgefasste Meinung in viel höherem Maasse die Resultate beeinflusst hätte, als dies die exacte wissenschaftliche Forschung erlaubt, und dass Anschauungen in den Vordergrund getreten sind, welche auf rein theoretischen Erwägungen basiren, deren Berechtigung aber nicht als hinlänglich bewiesen erscheint. Im Gegensatz dazu ist das chemisch-geologische Bild, welches bei der Betrachtung der im Folgenden beschriebenen Serpentingesteine vor uns liegt, so klar, und die Erscheinungen, welche uns hier entgegentreten, weisen mit solcher Bestimmtheit auf Processe hin, welche wir bis heute mit einiger Sicherheit nur in Verbindung mit vulcanischer Thätigkeit kennen, dass es als durchaus geboten erscheint, diese Vorkommnisse als solche aufzufassen, welche den unter- und überlagernden Gesteinen fremd gegenüberstehen und deren Erscheinungsformen und Eigenschaften somit nichts mit denen ihrer Umgebung zu thun haben.

Wenn ich die früher besprochenen Verhältnisse im geologischen Vorkommen der centralalpinen Serpentine noch einmal vor Augen führe, wenn ich auf's Neue betone, dass die eigenthümliche Unregelmässigkeit in ihrem Auftreten, der Mangel

jeglicher Schichtung ebenso wie das Fehlen von Uebergängen in die umgebenden Gesteine darauf hinweisen, dass diese Serpentine eine in sich abgeschlossene, von den umgebenden Schiefergesteinen in ihrer Entstehung verschiedene Gesteinsgruppe darstellen, so habe ich damit nur diejenigen Umstände aufgeführt, welche zwar eine gewisse Ausnahmsstellung dieser Gesteine wahrscheinlich machen, aber nicht als zwingende Beweise für die Abtrennung derselben von den Gesteinen der krystallinen Schieferreihe angesehen werden können. Aber in viel höherem Maasse als die stratigraphischen und petrographischen Verhältnisse dieser Serpentingesteine sind es die chemisch-geologischen Erscheinungen, welche zum Theil in der Umwandlung der umgebenden Gesteine, zum Theil in einer intensiven Veränderung der Serpentine selbst zum Ausdruck kommen, die uns die Art und Weise der Entstehung dieser letzteren nicht zweifelhaft erscheinen lassen. Sind doch gerade die Umwandlungen, welche die benachbarten Gesteine erlitten haben, die charakteristischsten Formen der Contactmetamorphose, wie sie nur irgend ein massiges Gestein bei seiner Berührung mit unreinen Kalken hervorbringen kann, und finden sich in Verbindung mit diesen Serpentingesteinen eine so grosse Menge der verschiedensten Mineralneubildungen, welche sich sowohl in ihrem Bestand als in ihrem Auftreten als solche darstellen, wie wir sie nur in Begleitung von Massengesteinen finden, und deren Bildung man heutzutage wohl allgemein auf pneumatolytische und pneumatohydatogene Processe zurückführt. Dazu kommt noch, dass in chemischer und mineralogischer Hinsicht durchaus mit den hier besprochenen übereinstimmende Gesteine sich häufig in jüngeren Formationen finden, wo ein Zweifel über die anogene Entstehung derselben theils durch die Form des Auftretens an sich, theils durch contactmetamorphische Umwandlungen des Nebengesteins ausgeschlossen erscheint.

Ueber eine eingehendere Besprechung der auf das hier behandelte Thema bezüglichen Literatur glaube ich schon desshalb kurz hinweggehen zu können, als ich diese in meiner frühern Arbeit ausführlich berücksichtigt habe, ebenso wie in dieser letztern auch die von verschiedenen Forschern aufgestellten Theorieen im Zusammenhang gewürdigt wurden. Ich möchte desshalb nur auf die Literaturzusammenstellung, welche sich dort findet, verweisen und hinzufügen, dass seither eine Reihe neuerer Untersuchungen über analoge Bildungen erschienen sind, von welchen speciell zwei uns hier näher interessiren. In der einen Arbeit bespricht Becke[1]) einen mit Serpentin in Zusammenhang stehenden Olivinfels aus dem Stubachthal, die andere enthält die Studien von Blaas[2]) an den Serpentinen der Umgebung von Matrei am Brenner. Während von den in der letztern Arbeit gemachten Angaben nur einzelne mit den im Folgenden zu besprechenden Verhältnissen vergleichbar sind, besitzen die Beobachtungen von Becke für uns einen ungleich höheren Grad von Interesse, zumal es

1) F. Becke, Olivinfels und Antigoritserpentin aus dem Stubachthal (Hohe Tauern). Tscherm. min. petr. Mitth. 14, 271.

2) J. Blaas, Ueber Serpentin und Schiefer aus dem Brennergebiete. Nova Acta K. Leop-Carol. Akad. Naturf. 1894, 64, 1.

sich um ein Vorkommen handelt, welches auch von mir seit dem Jahre 1891 mehrfach besucht und studirt worden ist, wobei ich in vielen Beziehungen zu denselben Resultaten gelangt war, wie sie Becke angibt, ohne mich allerdings dem letztern in Beziehung auf die Auffassung der Entstehung dieser Gesteine anschliessen zu können. Die Ergebnisse meiner Studien an den Peridotiten des Stubachthales, welche ausser dem von Becke besprochenen Vorkommniss noch mehrere andere aus diesem Theile der Centralalpen umfassen, glaubte ich nicht früher der Oeffentlichkeit übergeben zu sollen, bevor nicht die zusammenfassende Bearbeitung einer grössern Anzahl in ihrer Entstehung sicher identischer Vorkommnisse durchgeführt war, eine Arbeit, welche durch die Witterungsverhältnisse der vergangenen Jahre mehrfach unterbrochen wurde. In den Sommern 1891—94 widmete ich mich neben einer eingehenden Untersuchung der Gesteine und Minerallagerstätten des Gross-Venedigerstockes vor allem der Erforschung des Auftretens der Serpentingesteine, von welchen eine grosse Anzahl theils schon früher bekannter, theils auch neu aufgefundener Vorkommnisse besucht wurden. Um indessen allzugrosse Weitschweifigkeit zu vermeiden, habe ich mich darauf beschränkt, aus der sehr grossen Reihe nur diejenigen herauszugreifen, welche, sei es durch die Mächtigkeit ihres Vorkommens oder durch ihre eigenartige petrographische Beschaffenheit von besonderem Interesse sind. An vielen, namentlich von den weniger mächtigen Vorkommnissen sind die Aufschlüsse nicht von der für diese Untersuchungen wünschenswerthen Klarheit oder aber die zu beobachtenden Verhältnisse erschienen ohne Belang für die eine oder andere Auffassung, so dass sie, ohne das Resultat zu beeinflussen, übergangen werden können. Hier sollen ausführlicher nur solche Bildungen betrachtet werden, bei welchen entweder in Bezug auf die ursprüngliche mineralische Zusammensetzung und die Bildungsweise der als Serpentin vorliegenden Gesteine oder aber in Beziehung auf die Verhältnisse derselben zu den Nebengesteinen genauere Beobachtungen angestellt werden konnten. Es werden daher ausser einigen wichtigeren Vorkommnissen, welche in meiner frühern Arbeit schon beschrieben wurden, an welchen aber neue mittheilenswerthe Beobachtungen ausgeführt werden konnten und zwar den Serpentinen vom **Islitz Fall** in der Dorfer Alpe, von der **Eichamwand** im Tümmelbachthal, sowie von der **Goslerwand** zwischen Grossbach- und Kleinbachthal in der Umgebung von Prägraten, eingehender berücksichtigt je drei Vorkommnisse aus dem Stubachthal und dem Zillerthal, je eines aus dem Pfitscherthal und dem Hollersbachthal. Im Stubachthal wurden hierhergehörige Vorkommnisse an den **Todtenköpfen**, den nach Nordwest vorspringenden Felszacken der Hohen Riffl, am **Rettenkopf**, sowie am **Hackbrettl** auf der Reichenberger Alpe im Schrabachthal genauer untersucht. Das im Zillerthal gesammelte Material stammt z. Th. von dem als Mineralfundort lange bekannten Serpentinstock des **Rothenkopf-Ochsner** im Zemmgrund, sodann vom **Greiner** ebenfalls im Zemmgrund und vom **Furtschagl** im Schlegeisgrund. Im Pfitscherthal findet sich ein besonders interessantes Vorkommniss auf der **Burgumer Alpe**, gerade vor der Sterzinger

Hütte, welches gleichfalls seit langer Zeit die schönsten krystallisirten Mineralien liefert, und ebenso ist es mit dem Vorkommen im Hollersbachthal im Oberpinzgau, in dessen unterstem Seitenthal, der **Scharn,**[1]) eine mächtige Serpentinwand ansteht, welche den Namen „**schwarze Wand**“ führt. Die in meinen früheren Untersuchungen besonders betonten weitgehenden contactmetamorphischen Umbildungen des Nebengesteins sind hauptsächlich in typischer Weise am Hackbrettl im Stubachthal zu beobachten, wo der Serpentin in denselben durch Contactmetamorphose so äusserst leicht zu beeinflussenden Gesteinen, den Kalkglimmerschiefern, auftritt wie bei Prägraten, während dagegen bei den beiden andern Vorkommnissen im Stubachthal, sowie bei denjenigen des Zillerthals diese Verhältnisse mehr in den Hintergrund treten, da die dort aufgefundenen Serpentine in dem wenig einer Umlagerung fähigen Gneiss aufsetzen, und bei den Vorkommnissen der Scharn und der Burgumer Alpe, welche im „Grünschiefer“ liegen, die Contactverhältnisse nur sehr wenig aufgeschlossen sind, sondern vielmehr von den übergestürzten Blöcken verdeckt werden. Ueber die ursprünglichen Gesteine, aus welchen die Serpentine entstanden sind, erhält man Aufschlüsse durch die Vorkommnisse von den Todtenköpfen, vom Rettenkopf und vom Rothenkopf-Ochsner, an welchen neben umgewandelten Gesteinen alle möglichen Uebergänge zu völlig frischen gesammelt werden konnten. Eine neue Gruppe von Mineralbildungen endlich, welche an den früher beschriebenen Serpentinen nicht beobachtet werden konnten, welchen ich aber ganz besondere Beweiskraft für meine Anschauung über die Entstehung der Peridotite und Serpentine dieses Gebietes zuschreibe, sind fast an allen neu hinzukommenden Vorkommnissen in grösserer oder geringerer Vollkommenheit ausgebildet. Eine genauere Präcisirung dieser eigenartigen Bildungen, welche besonders häufig als Träger der krystallisirten Mineralien auftreten, muss zunächst der Einzelbeschreibung überlassen bleiben. Was die Reihenfolge der zu betrachtenden Vorkommnisse betrifft, so sollen sie in ihrer geographischen Vertheilung von Ost nach West, in den einzelnen Thälern vom Centralkamm abwärts nach Norden resp. nach Süden, aufgeführt werden. Es folgen sich so: Stubachthal, Umgebung von Prägraten südlich vom Gross-Venedigerstock, Hollersbachthal nördlich von demselben, Zillerthal und Pfitscherthal.

---

1) In der Literatur ist der Fundort häufig als „Scharn im Oberhollersbachthal“ angeführt; es handelt sich dabei stets um die Schwarze Wand in der Scharn, welch letztere aber das unterste linke Seitenthal des Hollersbachthales bildet.

A. Die Vorkommnisse des Stubachthales.

Von den im Stubachthal eingehender studirten Vorkommnissen von Peridotit und Serpentin ist das eine, welches sich vom Tauernmoosboden über den Rettenkopf zum Enzinger Boden hinabzieht, inzwischen von Becke beschrieben worden, welcher an demselben nachwies, dass echter Blätterserpentin mit allen charakteristischen Eigenschaften auch bei der Umbildung von Olivin entstehen könne, und dass somit die unter anderen auch von mir früher vertretene Anschauung, dass Antigoritserpentin auf Augit als Muttermineral hinweise, hinfällig ist. Auch ich hatte in den Jahren 1891 und 1892 das Vorkommen besucht und war bei dem mikroskopischen Studium zu denselben Schlüssen gekommen. Da indess nach den allerdings spärlichen Angaben in der Literatur sich Olivinfels und Krystalle von Olivin noch anderwärts im Stubachthal finden mussten, wollte ich erst diese Fundorte genauer untersuchen, bevor ich meine Beobachtungen veröffentlichte. Weder in dem Aufnahmebericht von Peters noch auch in der Hauer'schen Uebersichtskarte ist aber irgend ein derartiges Vorkommen angedeutet, und ich hatte daher als Wegweiser für meine Forschungen nur die Notiz in Haidinger, „Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften" (1872, 2, 194), nach welcher sich Olivin „am Kalser Tauern schon über der Grenze im Pinzgau" findet, was sich doch nicht wohl auf das näher der Thalsohle des Pinzgau als dem Kalsertauern liegende Vorkommen vom Rettenkopf beziehen konnte, auf welches es Becke anwendet; dazu kommt, dass an letzterem Punkte Olivin nur als Bestandtheil des ziemlich dichten Gesteins, nicht aber in grobkörnigen Aggregaten oder in Krystallen gefunden werden konnte, wie sie die Literaturnotiz sowohl als auch Stücke in der Münchner Staatssammlung vermuthen liessen. In diesem Sommer wurde endlich das fortgesetzte Suchen von Erfolg gekrönt, indem es mir gelang, im obersten Stubachthal östlich vom Kalsertauern[1]) ein Vorkommniss von Peridotit zu entdecken, an welchem einestheils die Structur des frischen Gesteins und die Vorgänge bei der Umwandlung zu Serpentin in viel ausgezeichneterer Weise zu überblicken sind, als bei dem Peridotit des Rettenkopfs, und welches anderntheils reich an grobkörnigen Aggregaten und an wohl ausgebildeten Krystallen von Olivin ist. Der neu aufgefundene Peridotit bildet die nordwestlichen schroffzackigen Ausläufer der Hohen Riffl, welche den Namen „Todtenköpfe" führen und zwischen den beiden Rifflgletschern aufragen. Schon die Betrachtung dieser massigen, schroffen, schwarzen Felsen vom Thal oberhalb der Rudolfshütte aus machte das Vorhandensein eines derartigen Gesteins wahrscheinlich, wie es denn auch bei der Untersuchung an Ort und Stelle gefunden wurde. Auf ein weiteres Vorkommen von Serpentin,

---

1) Ich möchte hier die Gelegenheit ergreifen, einen kleinen Irrthum zu berichtigen, welcher sich in meiner früheren Arbeit „Ueber Serpentine aus den östlichen Centralalpen und deren Contactbildungen" eingeschlichen hat. Es muss dort pag. 46 Zeile 12 v. o. statt Kalser Tauern, Kalser Thörl heissen.

über welches in der Literatur aber gar nichts bekannt ist, wurde ich durch das Vorhandensein von dichten, splittrigen Granatfelsen in der Münchner Staatssammlung geleitet, welche die Etiquette „vom Reichensperg-Lahn in Stubach“ trugen. Derartige Granatfelse stehen in den Centralalpen, wie eine grosse Anzahl von Beispielen ergibt, stets mit Serpentin in Verbindung, und es gelang mir auch, oberhalb der Reichenberger Alm im obern Schrabachthal einen Serpentinstock zu entdecken, welcher das Hackbrettl bildet und den Fundort der dichten Granatfelse darstellt.

Von den untersuchten drei Vorkommnissen im Stubachthal liegen zwei im Gneiss, also wie schon oben ausgeführt, in Schichten, welche nur wenig intensive contactmetamorphische Umwandlungen erwarten lassen, wie solche auch thatsächlich nur in geringem Maasse vorhanden sind, während dagegen das Dritte der Zone der Chloritschiefer-Kalkglimmerschiefer angehört und durch die Begleitung ausserordentlich charakteristischer Contactproducte ausgezeichnet ist.

Die Todtenköpfe bilden einen schroffen, zackigen Felsgrat, welcher von Westen und Süden überhaupt nicht zugänglich erscheint, da die Wände fast senkrecht zum südlichen Rifflkees und zum Oedenwinkelkees abfallen, während östlich wohl in den darüber lagernden Gneissschichten ein Zugang vorhanden wäre, wenn nicht der aus den „todten Löchern“ herabstürzende Gletscherabbruch den Weg mit mächtigen Eislawinen bestreuen würde. Indessen liegen auf dem Oedenwinkelkees sowohl als namentlich auf dem Rifflkees Blöcke mächtigster Dimensionen von dem oben anstehenden Vorkommniss, so dass man die Art und Weise des Auftretens der verschiedenen Bildungen ziemlich gut erkennen kann. Die Lagerungsform selbst ist bei dem grossen Contrast, welcher in der Farbe und den Verwitterungsformen des bruchigen, zerquetschten Gneisses und des massigen, unregelmässig zerklüfteten Peridotits und Serpentins besteht, nicht gerade schwer zu überblicken; man sieht, dass hier wie an allen andern zu besprechenden Punkten der Peridotit in Form einer ziemlich dicken Linse zwischen den Schichten des Gneisses hervortritt. Ueber Contactbildungen konnte ich hier nur wenige Beobachtungen anstellen, indessen dürften sie nach Maassgabe der übrigen im Gneiss beobachteten Vorkommnisse auch nicht besonders deutlich vorhanden sein. Einzelne Stücke von Epidotgranatfels, sowie von Strahlstein- und Tremolit-reichen Schiefern, welche auf dem Rifflkees aufgelesen wurden, erinnern in ihrer Structur, zumal im Auftreten des Granats, an derartige Bildungen und stimmen jedenfalls in dieser Beziehung nicht mit normalen Schiefern ähnlicher Zusammensetzung überein, welche ich aus dem Gebiete kennen gelernt habe; ob sie aber in irgend welche Beziehung zu dem Peridotit zu bringen sind, kann ich nicht einmal wahrscheinlich machen. Im Uebrigen sind die neben den Blöcken von Serpentin und Peridotit zu beobachtenden Gesteine vorwiegend normale Gneisse neben Granatgneissen und Amphibolgneissen, welche den Vorkommnissen aus dem Zillerthal zum Verwechseln ähnlich sind.

Der Peridotit, welcher die Felszacken der Todtenköpfe bildet, ist zum Theil recht frisch, er besitzt dann gelblichgrüne Farben und den für Olivingesteine cha-

rakteristischen Glanz. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass neben dem schon makroskopisch hervortretenden Olivin in ziemlicher Menge ein Blätterserpentin in grossen, wohlausgebildeten Tafeln vorhanden ist, welcher in seinen optischen Eigenschaften mit dem Antigorit übereinstimmt und im Folgenden stets als Antigorit bezeichnet werden soll, ein Name, welcher heute ziemlich allgemein für Blätterserpentin im Gegensatz zum Faserserpentin, dem Chrysotil, angewendet wird. Zu diesen beiden Mineralien, Olivin und Antigorit, welche meist in gesetzmässiger Weise mit einander verwachsen sind, tritt überall in wechselnder Menge ein Chromspinell, gewöhnlich umgeben von rundlichen Höfen von Chlorit, sowie meist sehr untergeordnet ein Pyroxen von den Eigenschaften des Diallag's.

Der Olivin erscheint in einer Anzahl von Proben vollständig frisch, er ist stets farblos durchsichtig und zeigt häufig die Spaltbarkeit nach (010) in ungewöhnlich vollkommener Ausbildung, wodurch ein etwas auffallendes Aussehen hervorgebracht wird; aber die optischen Verhältnisse lassen die Bestimmung des Minerals ebenso unzweifelhaft erscheinen, wie die leichte Löslichkeit in Salzsäure und das Verhalten beim Glühen, wobei der Olivin sich lebhaft färbt und einen deutlichen Pleochroismus von rothbraun zu gelblichbraun annimmt. Krystallform ist am Olivin im Peridotit selbst nirgends zu beobachten, er bildet stets eckige oder gerundete, seltener auch prismatisch verlängerte Individuen. In vielen Fällen zeigen namentlich die grösseren Körner eine wenig scharfe, aber fast stets annähernd geradlinige Sonderung in optisch etwas verschieden orientirte Lamellen, welche wohl das Ergebniss der Quetschung des Gesteines durch den Gebirgsdruck sind; es lassen hier aber die Grenzen der einzelnen Felder nicht eine gleichbleibende optische Orientirung erkennen, dieselben liegen vielmehr bald parallel der kleineren, bald parallel der grösseren Elasticitätsaxe des betreffenden Durchschnittes.

Von Interesse sind die Einschlüsse, welche der Olivin führt, einestheils opake Stäbchen, welche regelmässig auf bestimmten Flächen eingelagert sind, sodann eigenartige farblose Gebilde, welche nicht doppelbrechend sind und wie negative Krystalle erscheinen. Sie haben im Dünnschliffe oft scharfe, rhombische Contouren, und in jedem derselben sitzt, ähnlich wie in Glaseinschlüssen die Libelle, ein winziges Kryställchen von Chromspinell. Diese Einschlüsse ziehen sich oft in Schnüren parallel den Spaltrissen durch die Krystalle hindurch, ohne dass es aber gelingen mochte, trotz ihrer Menge und verhältnissmässigen Grösse, zu erkennen, aus was dieselben bestehen. Der Chromspinell findet sich auch sonst in ziemlicher Menge als Einschluss im Olivin.

Die interessanteste Erscheinung, welche diese Gesteine aufweisen, ist aber unzweifelhaft die Art des Auftretens des Antigorit und sein Verhältniss zum Olivin, wie man es in den frischesten Varietäten des Peridotit von den Todtenköpfen studiren kann. Man beobachtet hier, dass die Krystalle von Olivin wie zerfetzt erscheinen durch scharf hindurchschneidende, einheitlich ausgebildete und ungewöhnlich grosse Tafeln von Antigorit, welche stets genaue Orientirung nach krystallographischen

Flächen des Olivins zeigen. Die optischen Verhältnisse des Antigorit lassen sich an den grösseren Tafeln wohl bestimmen; die Lichtbrechung des Minerals ist ziemlich nieder, ähnlich der des Canadabalsams, ebenso die Doppelbrechung, welche derjenigen des Quarzes nahe steht; Pleochroismus ist stets vorhanden, wenn auch nie besonders deutlich, es erscheint der parallel zur Längsrichtung der Blättchen schwingende Strahl schwach grünlich, während der andere farblos ist. Parallel der Basis ist die Spaltbarkeit sehr vollkommen, Spaltblättchen geben den senkrechten Austritt der ersten Bisectrix eines optisch zweiaxigen negativen Minerals mit einem Axenwinkel von ungefähr 60°. Ebenso sprechen die chemischen Reactionen, die sehr schwierige Löslichkeit in Salzsäure, sowie die Trübung bei anhaltendem Glühen für die Bestimmung als Antigorit. In der salzsauren Lösung, bei welcher allerdings nicht vermieden werden kann, dass etwas Olivin mit gelöst wird, erhält man mikrochemisch kräftige Reactionen auf Eisen und Magnesia, sehr schwache auf Thonerde. Hauptsächlich finden sich diese Einschlüsse von Antigorit in zwei Richtungen im Olivin eingelagert, welche in Schnitten, in denen die erste Bisectrix senkrecht austritt, einen Winkel von 60° bilden, der von der Spaltbarkeit halbirt wird, es liegen also hier regelmässige Verwachsungen vor, bei welchen die Flächen des Brachydomas (011) des Olivins parallel der Basis des Antigorits liegen. Untergeordnet findet man die Antigoritblättchen auch noch parallel anderen Flächen im Olivin, welche aber nicht genauer bestimmt werden konnten. Jedenfalls tragen diese grossen, wohlausgebildeten, in gesetzmässiger Stellung zum Olivin befindlichen Antigorittafeln in ihrer ganzen Erscheinung durchaus nicht den Charakter eines Umwandlungsproductes zur Schau, sie sind vielmehr als primäre Bestandtheile des Gesteines zu deuten. Dafür spricht einestheils die Art des Auftretens derselben im frischen, unzersetzten Olivin, welcher durch die grossen Antigorittafeln in kleine, scharfeckige, vollständig klar durchsichtige Fragmente zerlegt wird, wie dies Fig. 1 auf Tafel I deutlich zeigt, anderntheils die Erscheinung, dass dieselben niemals parallel zu der ungewöhnlich deutlich ausgebildeten Spaltbarkeit auftreten, und dass sie sich auch niemals auf den Grenzen der einzelnen Olivinkörner angesiedelt haben; man wird also in diesen Gesteinen Olivin und Antigorit als gleichzeitige Bildungen und als gleichwerthige Gesteinsbestandtheile anzusehen haben.

Es mag diese Erklärungsweise vielleicht zunächst etwas fremdartig erscheinen, wenigstens wenn man meine Anschauung, dass die Urgesteine der centralalpinen Serpentine eruptiver Natur sind, theilt, und man wird derselben den hohen Wassergehalt des Serpentinmoleküls entgegenhalten. Wir kennen ja auch bis jetzt den Serpentin nirgends in primärer Form, sondern stets nur als Pseudomorphose nach den verschiedensten Mineralien. Vielleicht hat man sich aber nur zu sehr daran gewöhnt, seitdem Quenstedt die pseudomorphe Natur der Snarumer Krystalle nachgewiesen hat, den Serpentin einfach als Umwandlungsproduct zu betrachten, wie ja nicht leicht irgendwo ein Vorkommniss bekannt sein dürfte, wo das Verhältniss des Serpentins zu dem sicher ursprünglichen Mineral des Peridotits, dem Olivin, so unzweifelhaft wäre wie an dem Vorkommniss von den Todtenköpfen im obern Stubachthal. An

und für sich erscheint es wohl überraschend, wenn ich das wasserhaltige Serpentinsilicat als durch Schmelzfluss entstanden betrachte, indess möchte ich betonen, dass der Serpentin nach neueren Untersuchungen nicht als wasserhaltige Substanz im gewöhnlichen Sinn anzusehen ist, sondern dass das Wasser desselben vielmehr Constitutionswasser ist. Und dass Mineralien, an deren Constitution das Wasser theilnimmt, in Massengesteinen auch sonst weit verbreitet sind, ist doch allgemein bekannt, speciell liefert der sicher als intrusives Gestein anzusehende „Centralgranit“[1]) einen in nächster Nähe liegenden Beweis für diese Ansicht. Dieser ist ganz erfüllt von ebenso unzweifelhaft primären Epidot- und Zoisitindividuen, und es lässt sich wohl nicht ganz von der Hand weisen, dass das Auftreten von Silicaten, welche reichlich Constitutionswasser enthalten, in diesen centralalpinen Massengesteinen mit dem Gebirgsdruck in Verbindung zu bringen ist. Allerdings in anderer Weise, als dies Becke wohl meint, wenn er auf das Vorkommen von Antigoritserpentin im gefalteten Gebirge hinweist; ich glaube vielmehr, dass der Gebirgsdruck während der Verfestigung des Gesteins wirksam war, und dass sich unter dem besonders mächtigen Druck einerseits der überlagernden Gesteine bei der Bildung des Tiefengesteins, andererseits dem der gebirgsbildenden Kräfte, wasserhaltige Silikate aus dem jedenfalls wasserhaltigen Schmelzfluss ausbilden konnten, während unter gewöhnlichen Umständen diese einfach nicht beständig sind und etwa gebildete Moleküle dieser Art unter dem Einfluss der hohen Temperatur zerfallen.

In den beschriebenen regelmässigen Verwachsungen von Olivin und Antigorit scheint gleichzeitig der Grund zu der Umwandlung des ganzen Gesteins zu Antigoritserpentin gelegt, aber das aus der Zersetzung des Olivins hervorgehende Product, welches, rein mineralogisch betrachtet, mit dem primären Antigorit identisch ist, unterscheidet sich davon in mancher Beziehung. Es stellen nämlich die primären Tafeln, soweit Beobachtungen an den verschiedenen Uebergängen von Peridotit zu Serpentin von den Todtenköpfen möglich waren, stets den einzigen Grund der später in dem fertigen Serpentin zu beobachtenden Gitterstructur dar; wo die Umwandlung selbst beginnt, — ich halte diejenigen Gesteine nicht mehr für frisch, in welchen entweder der Olivin getrübt ist oder aber sich auf den Grenzen zwischen den einzelnen Olivinkörnern oder auf den Spaltrissen Serpentin gebildet hat — entstehen niemals mehr so wohlbegrenzte, scharf durch die Krystalle hindurchschneidende Tafeln, sondern der aus dem Olivin durch Zersetzung hervorgehende Antigorit ist mehr wirr schuppig, wobei durch die fortgesetzte Ablagerung dieser aggregatpolarisirenden Substanz die ursprünglich so deutliche Erscheinung der „Gitterstructur“ getrübt wird und, wie das in der That zumeist der Fall ist, in dem fertigen Serpentin durchaus nicht mehr in der Klarheit vor Augen liegt, wie in dem ursprünglichen Olivinfels. An einzelnen

1) Ich greife hiemit dem nächsten in dieser Reihe der „Beiträge zur Petrographie etc.“ erscheinenden Abschnitt voraus, in welchem speciell der Centralgranit eingehend beschrieben werden sollen.

Stellen der Serpentinmasse der Todtenköpfe aber, ebenso wie an solchen vom Rettenkopf bildet sich das Gestein zu einem normalen Chrysotilserpentin um, und ich muss betonen, dass die betreffenden Schliffe nicht etwa aus der oberflächlichen Verwitterungskruste angefertigt sind; in den Fasern, welche die zum Theil recht deutlich ausgebildeten „Maschen" zusammensetzen, ist die optische Orientirung diejenige des Chrysotils.

Der Peridotit der Todtenköpfe besteht also in frischem Zustand aus den primären Mineralien Olivin und Antigorit in regelmässiger Verwachsung, sowie einem Chromspinell. Die Umbildung dieses Gesteins zu Serpentin geht nun in der Weise vor sich, dass sich sowohl an den primären Tafeln des Antigorit als auch auf den Spaltrissen, auf Klüften und auf den Grenzen der einzelnen Mineralkörner secundäre Antigoritsubstanz absetzt, welche zumeist ein schuppiges Aggregat darstellt. Durch das Ueberhandnehmen des Umwandlungsproductes wird der Olivin in kleinste, unregelmässig rundliche Partikel zertheilt, welche in Folge der hohen Lichtbrechung trüb bis undurchsichtig erscheinen, und verschwindet endlich ganz. Die „Gitterstructur", diese für Antigoritserpentine so ausserordentlich charakteristische Erscheinung ist dabei bedingt durch die ursprüngliche regelmässige Verwachsung des Olivins mit dem Antigorit und ist, wenigstens an den Vorkommnissen von den Todtenköpfen, niemals als Product eines in bestimmten Richtungen verlaufenden Umbildungsprocesses anzusehen, vielmehr verdeckt die secundär gebildete, wirrschuppige Antigoritsubstanz in allen Fällen die ursprünglich viel deutlichere „Gitterstructur". Dass sich neben diesen mit „Gitterstructur" versehenen Serpentinen hier auch solche mit „Maschenstructur" finden, in welchen gewöhnlicher Faserserpentin das Umwandlungsproduct bildet, wurde schon erwähnt. Mit Becke anzunehmen, dass dieser Faserserpentin oder Chrysotil nur als „moderne Verwitterungserscheinung" dem durch den Gebirgsdruck gebildeten Antigorit entgegenzustellen sei, liegt für mich um so weniger Grund vor, als einestheils die betreffenden Vorkommnisse von den Todtenköpfen durchaus nicht der Verwitterungsrinde angehören, anderntheils ein später ausführlicher zu besprechendes Vorkommen vom Rettenkopf dagegen spricht, in welchem ein mit Maschenstructur versehener Faserserpentin vorliegt, der von einer Menge von Adern durchzogen ist, auf welchen sich frischer Olivin mit blättrigem Antigorit zum Theil in paralleler Verwachsung abgelagert hat. Nach den hier gemachten Beobachtungen scheint mir vielmehr der einzige Grund zu der verschiedenen Ausbildung der Serpentine in dem Moment zu liegen, ob ursprünglich Antigorit als Gemengtheil des Gesteins vorhanden war oder nicht.

Die übrigen Mineralien der frischen Gesteine von den Todtenköpfen lassen sich ziemlich kurz besprechen. Ueberall vorhanden ist der schon erwähnte Chromspinell, welcher sich auch als Einschluss im Olivin findet; in der Boraxperle gibt derselbe kräftige Reaction auf Chrom, wenig deutliche auf Eisen, ist aber stark magnetisch. Er nimmt auch für sich an dem Aufbau des Gesteins theil und findet sich dann meist in grösseren, gerundeten, zum Theil zerfetzt aussehenden Krystallen, welche eine deutliche

Spaltbarkeit nach dem Oktaëder erkennen lassen. Häufig sind sie umgeben von Höfen von Chlorit, wie sie auch Becke in dem Vorkommen vom Rettenkopf erwähnt. Der Chlorit ist von dem Antigorit zu unterscheiden durch die entgegengesetzte optische Orientirung, — hier liegt stets die Axe grösster Elasticität parallel zur Spaltbarkeit —, den viel kräftigeren Pleochroismus (c lichtröthlichbraun, ⊥ c lichtgrün). sowie durch die schwächere Doppelbrechung. Charakteristisch sind für dieses Mineral die eigenartigen lebhaften Interferenzfarben niederster Ordnung, die nur an den schwächst doppelbrechenden Mineralien zu beobachten sind, bei welchen die Doppelbrechung für einzelne Farben gleich Null ist. Diese letzteren sind daher zwischen gekreuzten Nicols stets ausgelöscht und aus den übrigen Theilen des weissen Lichtes resultiren die eigenartigen Interferenzfarben, welche meist durch die Tiefe ihres Tons, in allen Fällen aber bei Einfügung eines empfindlichen Gypsblättchens durch die sehr geringe Aenderung der teinte sensible sich als Farben niederster Ordnung zu erkennen geben.

Ein weiteres Mineral, welches in einer Anzahl von Gesteinsproben hinzukommt, ist der Diallag. Es bilden sich durch das Hinzutreten dieses Gemengtheiles allmähliche Uebergänge von dem reinen Peridotit zum reinen Pyroxenit heraus, welch letzterer allerdings ziemlich seltener ist, aber in einzelnen Proben gesammelt werden konnte. Der Diallag, an welchem Spaltbarkeit nach dem Prisma, sowie nach beiden verticalen Pinakoiden, oft in gleicher Vollkommenheit beobachtet wird, enthält häufig ausserordentlich massenhaft stäbchenförmige, opake Einschlüsse parallel den Spaltrissen, sowie kleine Oktaëder des Chromspinells; hin und wieder ist die Zwillingslamellirung deutlich, meist verschwommen und nur an einzelnen Stellen zu beobachten. Die Individuen dieses Minerals sind gewöhnlich ziemlich gross und bilden auch da, wo der Olivin sehr feinkörnig wird, grössere Einsprenglinge, welche häufig gebogen sind und im polarisirten Licht eine Kataklasstructur erkennen lassen. Doch verlaufen die Grenzen der einzelnen Felder hier nie so gerade wie beim Olivin. Der Serpentinisirung erliegt er in viel geringerem Maasse als letzteres Mineral, und wo die Serpentinbildung in ihm begonnen hat, sieht man deutlich, dass diese nicht zur Ausbildung der Gitterstructur führt, sondern vielmehr, dass sich wirrschuppige oder parallel dem Orthopinakoid des Diallags abgelagerte Antigoritsubstanz absetzt.

Es finden sich ferner in den Umwandlungsproducten der Peridotite der Todtenköpfe: Tremolit, Talk, Magnetit, Pyrit, sowie rhomboëdrische Carbonate. Der Tremolit bildet in mehreren Proben von Serpentin prismatische Krystalle, welche, wie gewöhnlich, keine krystallographische Endausbildung besitzen; sie sind vor allem durch das Auftreten sehr intensiver Kataklasen interessant, wobei einestheils die Prismen gebogen sind, anderntheils in einzelne Sectoren ‖ den Flächen des Prisma zerlegt erscheinen, so dass ein derartiger Krystall im polarisirten Licht wie ein Bündel wenig gegeneinander verschobener Nadeln aussieht. Der Talk tritt zum Theil accessorisch im Serpentin auf, zum Theil bildet er schalige Aggregate auf Klüften, oder aber er verdrängt den Serpentin mehr oder weniger. Der Magnetit begleitet wie überall die

Neubildung von Antigorit, ebenso wie der Pyrit, welcher aber auch hin und wieder mit dem Chromspinell verwachsen erscheint. Von rhomboëdrischen Carbonaten findet man makroskopisch Rhomboëder von Breunerit im talkreichen Serpentin, ausserdem sind körnige Partieen und radialfaserige Aggregate desselben in den umgewandelten Gesteinen nichts Seltenes.

Was die Structur der Gesteine von den Todtenköpfen betrifft, so sind es meist gleichmässig mittelkörnige Peridotite, feinkörnige und grobkörnige Varietäten finden sich nur als ganz seltene Ausscheidungen; eine Art Mörtelstructur, wie sie an den Vorkommnissen vom Rettenkopf häufig ist, kommt hier nur selten zur Ausbildung. In weitaus den meisten der frischen Vorkommnisse herrscht der Olivin in Verwachsung mit dem Antigorit, dazwischen finden sich Flecken von Chromspinell und seltene Krystalle von Diallag, doch bilden sich, wie schon oben erwähnt, durch Zunahme des letzteren Minerals auch reine Diallagfelse heraus. Der Chromspinell ist oft in Schlieren im frischen Gestein angehäuft, und es pflegen dann solche Stellen etwas gröber körnigen Olivin zu führen als das ganze Gestein. Makroskopisch haben die reinen Olivinfelse grosse Aehnlichkeit mit dem Dunit der Dun Mtains., Neuseeland, die grünlich gelbe Farbe, die Korngrösse, der fettige Glanz, die Flecken von Chromspinell sind durchaus dieselben; dazu sind die Gesteine äusserst zäh, im Grossen zerklüftet und nur sehr schwer mit dem Hammer zu bearbeiten, noch um Vieles schwieriger als die von Becke beschriebenen Vorkommnisse vom Rettenkopf. Wo Diallag hinzutritt, findet er sich zunächst in der Form einzelner schwarzer, glänzender Einsprenglinge, bis das ganze Gestein in ein mittelkörniges Aggregat der schwarzen, vollkommen spaltbaren Diallagtafeln übergeht. Ich möchte diese neue Gruppe der Peridotite, welche allerdings meiner Auffassung nach auf stark dislocirte Gebiete beschränkt ist, als **Stubachite** bezeichnen, da in denselben eigenartige Gesteine vorliegen, welche nicht als Abkömmlinge irgend eines anderen Gliedes dieser Gesteinsreihe gedeutet werden können; die Zwischenglieder zwischen den frischen Stubachiten und den eigentlichen Serpentinen haben meist dunkle Farben und lassen eine gewisse Parallelstructur erkennen, welche man am besten als Maserung bezeichnen kann. Es wechseln dunkle, in der Zersetzung weiter fortgeschrittene Masern, auf welchen viel Magnetit ausgeschieden ist, mit lichtgrünen, an dem ursprünglichen Olivin noch reicheren ab, doch ohne dass eine eigentliche Lagen- oder Bänderstructur entsteht, indem die einzelnen Masern, welche im Grossen und Ganzen in der Richtung ihrer Längserstreckung übereinstimmen, mit einander in Verbindung stehen oder auseinander gehen, wie man dies bei dem weitverzweigten Wurzelwerk eines Baumes beobachtet. So scharf die Grenzen der dunkeln und lichten Masern makroskopisch erscheinen, so wenig scharf sind sie unter dem Mikroskop, wo man stets einen ganz allmählichen Uebergang zwischen denselben wahrnimmt. In vielen Fällen sieht man neben der Richtung der hauptsächlichen, oft recht breiten Masern eine zweite, parallel zu welcher gleichfalls Schnüre stärker zersetzter Substanz das Gestein durchziehen, und welche quer zu der ersteren geht. Man kann die Erscheinung damit in Verbindung bringen, dass bei der Auf-

stauung des Gebirges, welche, wie die Kataklasstructur der frischen Gesteine beweist, nach der Erstarrung der Gesteine nicht abgeschlossen war, dieselben gepresst wurden, und sich dabei Richtungen herausbildeten, parallel zu welchen der Zersetzung der Zugang leichter gemacht wurde. Endlich gehen die reinen Olivinfelse in zum Theil schalige, zum Theil massige dunkelgrüne Serpentine über, in welchen man noch Reste von Diallag in dunklen Spaltungsflächen, sowie als Neubildungen Magnetit, Pyrit, Tremolit und Breunerit erkennt.

Ganz besonderer Bemerkung werth ist nun noch eine Erscheinung an den Serpentinen der Todtenköpfe, welche zusammen mit den später zu erwähnenden Neubildungen an anderen Serpentinen der östlichen Centralalpen von Interesse für die Erkenntniss der Entstehung dieser Gesteine ist.

Die Blöcke des frischen Peridotits sowohl, als auch des umgewandelten Serpentins sind durchzogen von Klüften und Adern der verschiedensten Dimensionen, auf welchen Mineralneubildungen stattgefunden haben. Die hauptsächlichsten Mineralien, welche sich auf diesen Klüften finden, sind Olivin, Antigorit, Kalkspath, Tremolit und Magneteisen. An einzelnen Stellen sind Neubildungen von reinem grobkörnigem Olivin entstanden, makroskopisch wie die Olivinbomben der Basalte erscheinend. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass diese nur aus grösseren Olivinkörnern bestehen, welche die Spaltrisse des Olivins im normalen Peridotit nicht zeigen, dagegen gleichfalls Chromspinell, sowie die oben beschriebenen Einschlüsse mit Chromspinellkrystallen, welche oft negativen Krystallen gleichen, aufweisen; auf den Grenzen der einzelnen Körner bildet sich schon makroskopisch erkennbarer Chrysotil. Oder aber der Olivin findet sich zusammen mit Antigorit und ist dann oft in derselben Weise mit ihm verwachsen und von demselben zerschnitten wie in dem Peridotit selbst. (Vergl. Fig. 1 und 2 auf Tafel III.) Im Allgemeinen ist der Olivin hier sowohl als da, wo er in Kalkspath eingewachsen auftritt, langprismatisch ausgebildet. Das Zusammenvorkommen von Olivin mit Kalkspath ist das häufigste auf diesen Klüften, es ist dann der Olivin stets durch Krystallform ausgezeichnet, und es finden sich oft recht schöne und grosse Krystalle. von Olivin im grobspäthigen Calcit. Weniger häufig ist der Olivin in faserigen Tremolit eingewachsen, gleichfalls meist in wohlausgebildeten Krystallen. Der Tremolit ist theils radialstrahlig, theils wirr parallelfaserig und geht allmählich in Amianth und Bergholz über. Hier finden sich dann meist auch grosse dodekaëdrische Krystalle von Magneteisen, welche sich als chromfrei erwiesen.

Eine Erklärung dieser Bildungen zu geben, ist nach den bisher besprochenen Beobachtungen nicht leicht, und ich möchte dieselbe, da im Verlauf der Arbeit noch eine grosse Anzahl analoger Bildungen hinzukommt, erst am Schlusse des Ganzen in zusammenfassender Weise ausführen und hier nur noch betonen, dass zwischen den Mineraladern und Gängen und dem Peridotit selbst kein Uebergang besteht, sondern dass dieselben stets scharf geschieden sind.

Von dem zweiten Vorkommen von Peridotit im Stubachthal, welches ich eingehender studirt habe, demjenigen vom Rettenkopf, hat, wie schon bemerkt, in

letzter Zeit Becke eine Beschreibung gegeben, welcher ich nur noch einiges hinzufügen möchte. Zunächst bemerkt Becke das geologische Vorkommen betreffend, dass unmittelbar im Hangenden des Serpentins Aufschlüsse fehlen; in der That aber sind solche hier vorhanden, und der Weg, welcher vom Tauernmoosboden zur Wurfbachalpe hinabführt, verläuft kurz vor dem Abstieg eine Zeit lang auf der Grenzlinie von Serpentin und Gneiss. Auf der einen Seite des Weges steht der zu einem Rundhöcker abgeschliffene Serpentin an, auf der andern hat man verwitterten, eigenartig modificirten Gneiss vor sich, welcher von dem normalen Gneiss ziemlich verschieden ist. Doch ist die Zone der abweichend ausgebildeten Gesteine hier nie mächtig, schon in der Entfernung von 1 m oder wenig mehr finden sich ganz normale Gneisse. Die dem Serpentin zunächstliegenden Bildungen unterscheiden sich von letztern vor allem dadurch, dass sie statt des Feldspaths stets mehr oder weniger dichte Aggregate von strahlsteinartiger Hornblende und Epidot enthalten, was sich auch schon makroskopisch an der graulichgrünen Farbe zu erkennen gibt; dazu tritt an einzelnen Stellen Fuchsit in fleckigen Zusammenhäufungen. Obgleich derartige Bildungen im ganzen Gebiete des Gneisses nur am Contact mit Serpentin, seltener auch am Contact mit dem Centralgranit zu beobachten sind, bin ich doch weit entfernt, diese Gesteine als besonders charakteristische Contactbildungen anzusehen.[1])

Die untere Grenze des Peridotits vom Rettenkopf verläuft etwas nördlich von der Schlucht des Tauernmoosbachs. Vom Enzinger Boden aus beobachtet man, dass zunächst am Contact bräunlich verwitterte Gesteine vorhanden sind, welche, nach abgestürzten Blöcken auf dem Enzinger Boden zu urtheilen, ursprünglich ähnlich den soeben besprochenen zusammengesetzt gewesen sein mögen; jetzt erkennt man in denselben vorherrschend ein Hornblendemineral, sowie in ziemlicher Menge Graphit. Die Bestimmung dieses letztern Minerals wurde in der Weise durchgeführt, dass zunächst eine Probe mit Flusssäure und Schwefelsäure isolirt wurde, welche unter dem Mikroskop sich als deutlich krystallisirt erwies. Die einzelnen Blättchen besitzen den charakteristischen lebhaften fettigen Metallglanz. Auch chemisch stimmen sie voll-

1) Ich würde von derartigen Bildungen sowenig, wie überhaupt von den schlecht charakterisirten Umformungen, welche Gneisse am Contact mit den centralalpinen Serpentinen zeigen, meine Anschauung ableiten, dass diese Serpentine ihre Umgebung contactmetamorphisch beeinflusst haben, und noch weniger von den Einlagerungen von Amphibolit im Gneiss. Jedenfalls aber haben die von mir früher beobachteten Gesteine, aus welchen ich diesen Schluss zog, ausserordentliche Aehnlichkeit mit den bestausgebildeten Kalksilicathornfelsen, und derartige Bildungen finden sich höchst merkwürdiger Weise nur in den Contactzonen der Serpentine, während so weitgehende Umwandlungsprocesse in weiterer Ausdehnung in der Centralkette der Alpen durchaus fehlen. Man wird daher doch ein höheres Maass von Wahrscheinlichkeit für sich haben, wenn man die Entstehung derselben mit derjenigen des Serpentins in Verbindung bringt, als durch den rein hypothetischen Satz, welchen Becke zu ihrer Erklärung aufstellt: „Ihre Entstehung ist zurückzuführen auf die Einwirkung der Lösungen, welche während der Krystallisation der Gesteine in die Umgebung diffundiren.“ Wie Becke sich dabei die Entstehung dieser Gesteine, speciell des Serpentins resp. Peridotits denkt, ist dieser Bemerkung nicht beigesetzt.

ständig mit echtem Graphit überein, im Gebläsefeuer geglüht, verbrennen sie nur, wenn reiner Sauerstoff hinzutritt; sie leiten die Electricität gut und geben mit $KClO_3$ und HNO_3 Graphitsäure. Es ist dies das einzige Vorkommen von Graphit, das mir aus dem ganzen Gebiet, welches ich genauer durchforscht habe, bekannt geworden ist, was um so auffallender erscheint, als in weiter Verbreitung Graphitoid zu beobachten ist.

Was die mineralische Zusammensetzung der Peridotite des Rettenkopf betrifft, so kann ich mich in dieser Beziehung ganz an die Beschreibung von Becke anschliessen, ich möchte nur noch hinzufügen, dass in einzelnen Fällen das Pyroxenmineral dieselben stäbchenförmigen Einschlüsse enthält, wie in den Gesteinen der Todtenköpfe, dass häufig Zwillingslamellen, die aber wenig scharf durchsetzen, sowie Verbiegungen und sonstige Erscheinungen der Kataklase in demselben zu beobachten sind; hin und wieder sind auch die prismatischen Krystalle im frischen Gestein etwas radial gestellt. Die Umwandlung des Olivins in Antigorit ebenso wie diejenige des Pyroxens ist vollständig analog mit den Vorgängen in dem Gestein der Todtenköpfe, nur dass hier ebenso frische Stücke wie dort nicht gesammelt werden konnten, und in Folge dessen auch die primäre Form der Verwachsung von Olivin und Antigorit im Peridotit selbst kaum hervortritt. Erst durch das Studium der Peridotite von den Todtenköpfen wird es überhaupt möglich, zu erkennen, dass man auch in den meisten dieser Gesteine zwischen primärem und secundärem Antigorit unterscheiden muss, dass dieselben also ursprünglich gleichfalls echte „Stubachite" gewesen sind. Eine Vergleichung der Fig. 3 auf Tafel I mit den Fig. 1 und 2 derselben Tafel zeigt die vollständige Uebereinstimmung beider Gesteine. Am Aufstieg zum Enzinger Boden sammelte ich einige Stücke ziemlich frischen Gesteins, in welchen ich die regelmässig eingewachsenen Antigorittafeln im Olivin nicht auffand, und anderntheils findet sich an dem Vorkommen vom Rettenkopf eigentlicher Chrysotilserpentin mit mehr oder weniger wohl charakterisirter Maschenstructur häufiger als an den übrigen von mir untersuchten Serpentinen.

Was die Gesteinsvarietäten betrifft, welche hier angetroffen werden, so stimmen sie in ihrem makroskopischen Aussehen recht gut mit den verschiedenen Vorkommnissen von den Todtenköpfen. Reine Olivinfelse, allerdings merklich weniger frisch, aber stets noch mit dem charakteristischen Fettglanz der dunkelolivengrünen Gesteine gehen allmählich in echte Pyroxenite über, in welchen der Olivin sich nur noch als accessorischer Gemengtheil findet. Ebenso lassen sich Proben von den verschiedensten Stadien der Umwandlung sammeln, reine Olivinfelse liefern fast basaltartig aussehende, harte und zähe Gesteine, an welchen, namentlich auf der Verwitterungsfläche die an dem vorigen Vorkommniss beschriebene Maserung fast überall zu erkennen ist. Wo neben Olivin Pyroxen vorhanden ist, bleibt dieser fast stets in dem Serpentin erhalten.

Was ferner die geologischen Verhältnisse der verschiedenen Varietäten betrifft, so spricht nichts für eine Wechsellagerung derselben, vielmehr hat die Vertheilung, wie sie an Ort und Stelle ebenso gut wie im Handstück studirt werden kann, stets

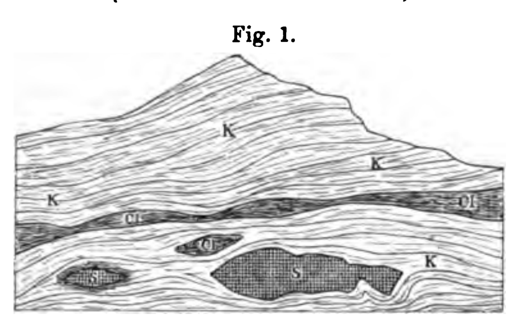
den Charakter unregelmässiger Schlieren, wie sie bei magmatischer Spaltung der basischen Eruptivgesteine ziemlich häufig entstehen.

Auch an diesem Vorkommniss treten Mineralneubildungen auf Gängen und Adern auf, welche, allerdings viel weniger häufig als bei dem ersten Vorkommniss, in verschiedener Ausbildung beobachtet werden konnten. Die Mineralien, welche hier in dieser Form angetroffen wurden, sind Olivin, oft in Verwachsung mit Antigorit, ein diopsidartiger Pyroxen, Magnetit und Pyrit. Mineralcombinationen dieser Art fand ich an einem Block am Enzinger Boden, wo eine Kluft von einem körnigen Aggregat nicht ganz frischen Olivins mit einzelnen Diopsidkrystallen ausgefüllt erscheint. Das Gestein, in welchem dieselbe auftritt, ist fast reiner Pyroxenit. Häufiger findet man derartiges anstehend auf der Höhe des Rettenkopfs, wo der Serpentin, und zwar namentlich der mit Maschenstructur versehene, durchsetzt ist von einem wirren Geäder oft mikroskopischer Gängchen, welche zumeist aus parallelfaserigen Aggregaten von Olivin, Antigorit, Magneteisen und Pyrit bestehen. In einzelnen Fällen beobachtet man auf diesen Gängen die parallele Verwachsung von Olivin mit Antigorit in charakteristischer Ausbildung, dem Olivin fehlt aber hier stets die Krystallform; die mikroskopischen Verhältnisse der hier beobachteten Gänge sind auf Fig. 3 der Taf. III dargestellt, man sieht auch in dieser Abbildung wieder aufs deutlichste die mit dem Olivin in regelmässiger Verwachsung befindlichen Antigorittafeln.

Das dritte Vorkommniss hierhergehöriger Gesteine, welche ich im Stubachthal genauer studirt habe, findet sich am Hackbrettl im obersten Schrabachthal oberhalb der Reichensberger Alm; es unterscheidet sich von den bisher betrachteten vor Allem durch sein geologisches Vorkommen, indem es im Kalkglimmerschiefer auftritt, und in Folge dessen rücken hier die Contactbildungen wieder in den Vordergrund des Interesses. Andererntheils ist auch seine petrographische Ausbildung eine abweichende, es liegt fast reiner Serpentin vor, in welchem von den ursprünglichen Mineralien selten mehr als Spuren vorhanden sind. Die Aufschlüsse sind hier besonders schön und instructiv. Der Serpentin bildet eine ziemlich flach nordöstlich einfallende Einlagerung im Kalkglimmerschiefer, welcher mit Chloritschiefer wechsellagert, und liegt gegen Norden und Nordosten, soweit er nicht durch die von oben abgestürzten Blöcke verdeckt wird, auf dieser Seite des Berges vollständig frei, während man von der andern Seite, von Süden her, die Anwesenheit des Serpentins nicht erkennen kann. Die Grenze desselben mit den ihn umgebenden, hochgradig veränderten Gesteinen verläuft ziemlich genau über die Höhe des Hackbrettl. Unter den Blöcken, welche nördlich und nordöstlich eine gewaltige Schutthalde um den Berg bilden, herrschen normale Serpentine, daneben finden sich verschiedenartig zusammengesetzte Gesteine, unter welchen vor Allem schwarze, grosskörnige Kalke mit meist untergeordneten Silicaten das Interesse in Anspruch nehmen. Dieselben entstammen der Contactzone zwischen Serpentin und Kalkglimmerschiefer und lassen sich auf dem Kamm überall anstehend beobachten. Besonders schön ist das Profil, welches sich an der Steilwand des vom Hackbrettl durch eine Runse getrennten „Schmiedinger" ergibt, und

welches in beistehender Figur etwas schematisch dargestellt ist. Man sieht hier einen Aufschluss fast senkrecht zur Schichtung, die Hauptmasse bilden normale Kalkglimmerschiefer (im beistehenden Profil K) mit Einlagerungen von Chloritschiefer (Cl im Profil); unter den letztern treten zwei auf die Entfernung vom Chloritschiefer nicht zu unterscheidende Linsen (S) hervor, welche aber, wie die Untersuchung an Ort und Stelle lehrt, aus Serpentin bestehen, und umgeben sind von ähnlichen späthigen Kalken, wie sie am Kamm des Hackbrettl vorkommen, zu denen hier noch lichtgefärbte, silicatreichere Varietäten hinzutreten. An andern Stellen aber, ausser am directen Contact von Serpentin mit Kalkglimmerschiefer konnte ich diese, unzweifelhaften contactmetamorphischen Kalken ausserordentlich ähnlichen Mineralcombinationen nirgends auffinden. Erwähnenswerth ist hier noch das Auftreten von Bildungen, welche mit den Contactgesteinen manche Analogie aufweisen, im Serpentin selbst. Es finden sich am Nordabhang nicht ganz in halber Höhe des Berges etwa in der Form einer $^1/_2$—1 m mächtigen fast verticalen Kluftausfüllung Mineralaggregate, welche aus grobspäthigem Calcit, sowie aus Diopsid, Epidot, Granat etc. in körnigem Gemenge bestehen, wobei bald das eine, bald das andere Mineral vorherrscht.

Fig. 1.



Profil des Schmiedinger gegen das obere Schrabachthal. Maassstab ca. 1:12500.
K Kalkglimmerschiefer, Cl Chloritschiefer, S Serpentin.

Ziemlich selten finden sich ferner unter den Blöcken solche, an welchen der Serpentin in dichten, muschelig brechenden Granatfels von braunrother Farbe oder apfelgrünen Vesuvianfels von gleicher Structur überzugehen scheint, welche andere gleichfalls sehr dicht ausgebildete Silicate begleiten. Es treten dann gerne in den chalcedonähnlich aussehenden Silicataggregaten grosse Spaltflächen von dunklem Diallag hervor. Eine Deutung dieser Bildungen, welche sich an mehreren der im Folgenden zu besprechenden Vorkommnisse wiederholen, und welche für die Minerallagerstätten der centralalpinen Serpentine geradezu charakteristisch sind, möchte ich erst am Schlusse dieser Abhandlung versuchen.

Der Serpentin des Hackbrettl erscheint makroskopisch im Allgemeinen ziemlich normal; er ist vorherrschend massig ausgebildet, doch sind auch schalig abgesonderte und streifige Varietäten häufig; namentlich finden sich Partien, in welchen der normale dunkel- bis schwärzlich-grüne Serpentin von Schlieren von lichtgrüner Farbe durchzogen ist; diese letzteren bestehen zum Theil gleichfalls aus reinem, schuppigem Serpentin, zeigen aber meist im Dünnschliff Beimengungen eines farblosen Hornblendeminerals, wodurch sich Uebergänge in Nephrit herausbilden, und diese letzteren sind von besonderer Härte und Zähigkeit. Diese Hornblende bildet zum Theil wirrstrahlige Aggregate von ziemlicher Feinheit, welche mit dem Serpentin wie verflochten sind,

zum Theil tritt sie in grösseren Individuen auf, welche dann oft den Einfluss des Gebirgsdruckes erkennen lassen.

Weitaus vorherrschend ist in den Gesteinen vom Hackbrettl der echte Blätterserpentin mit oft ausgezeichnet ausgebildeter Gitterstructur (vgl. Tafel I Fig. 4), nur selten finden sich Partieen von Faserserpentin dazwischen, welche dann stets Maschenstructur aufweisen. Als Reste des ursprünglichen Bestandes sind trübe Partieen eines stark lichtbrechenden Minerals anzusehen, wie solche auch in den zersetzten Gesteinen vom Rettenkopf und von den Todtenköpfen vorhanden sind und dort als zum Olivin gehörig angesehen wurden; selten sind grössere, sicher erkennbare Individuen von Olivin, die auch hier wie durchschnitten erscheinen von den gesetzmässig eingelagerten Antigorittafeln. Dieselben sind recht frisch und weisen oft gegen die Hauptmasse des Serpentins auffallend deutliche Krystallform auf. Zu bemerken ist noch, dass in einzelnen der vollständig serpentinisirten Gesteine die leistenförmigen Durchschnitte von Antigorit auf weitere Erstreckung parallel liegen und einheitlich auslöschen.

Ferner finden sich in diesen Gesteinen: Pyrit oft in scharfen Krystallen, Magnetit in winzigen Körnern und in grösseren Anhäufungen, welche von Antigorittäfelchen durchschnitten werden; indess fehlen beide in den erwähnten lichtgrünen Varietäten vollständig. Auch rhomboëdrische Carbonate in unregelmässigen Körnern sind vorhanden, die häufigen Zwillingslamellen derselben sind gebogen und geknickt. Auch hier begegnen uns wieder die Adern, welche Olivin, Antigorit und Diopsid führen, häufig erstere zwei Mineralien in gesetzmässiger Verwachsung oder die beiden letzteren in parallelschuppiger Aggregirung enthaltend.

Die Contactgesteine sind sehr typisch ausgebildet, zumeist grobkörnige Kalke mit eingewachsenen Individuen von Silicaten. Die ursprüngliche Zusammensetzung des Kalkglimmerschiefers ist verhältnissmässig einfach, magnesiahaltiger Kalkspath, rundliche Quarzkörner, meist mit Anhäufungen von amorphem Kohlenstoff, grössere Individuen von Muscovit, sowie winzige sericitartige Schüppchen, welche namentlich in den Kalkspathindividuen in grossen Mengen eingeschlossen sind. Das Mengenverhältniss dieser Mineralien ist aber recht schwankend, dementsprechend finden sich unter den Contactbildungen auch verschiedene Varietäten, zum Theil grobkörnige Kalke, welche nur wenig Silicate enthalten, zum Theil reine Silicataggregate. Die Farbe ist je nach der Menge des Kohlenstoffs, welcher hier wohl als Schungit zu bezeichnen ist, licht bis vollständig schwarz. Manchmal wechseln Schichten von reinen Silicataggregaten mit solchen von späthigem, weissem, sowie von schwarzem Kalkspath, und es finden sich dann besonders auf den Grenzflächen zwischen denselben Anhäufungen von Schungit, welche beim Zerschlagen eine graphitartig glänzende Oberfläche darbieten. Dass es sich aber nicht um Graphit handeln kann, machen die chemischen Reactionen unzweifelhaft, indem die Substanz in starkem Gebläsefeuer unter Aufglühen verbrennt und mit HNO_3 und $KClO_3$ keine Graphitsäure gibt. Im Dünnschliff erkennt man neben Kalkspath und Schungit hauptsächlich drei

Silicate, von welchen das eine Chlorit[1]) ist, welcher in deutlich bestimmbaren Blättchen, zum Theil auch in radialschuppigen Aggregaten auftritt; er ist hier wie in allen folgenden Vorkommnissen vom Hackbrettl optisch sehr annähernd einaxig, positiv, deutlich pleochroitisch, c fast farblos, ⊥ c lichtgrün und zeigt normale Interferenzfarben. Das zweite Silicat findet sich meist in kleinen gerundeten Krystallen mit den Eigenschaften des Diopsid. Die Individuen desselben besitzen vollkommene Spaltbarkeit nach den beiden Pinakoiden und zeigen meist zahlreiche Zwillingslamellen. In grosser Menge finden sich Einschlüsse von unregelmässiger oder parallelepipetischer Form mit Libelle, die Lichtbrechungsverhältnisse weisen auf Flüssigkeitseinschlüsse. Einige der Vorkommnisse werden von diesem Mineral in etwas gröber krystallinischem Aggregat neben Schungit ausschliesslich gebildet; die Diopsidprismen sind dann häufig gebogen und zerbrochen und zeigen Kataklasstructur, wie dies die Figur 2 Tafel IV zeigt; die Zwischenräume zwischen denselben füllt der Schungit aus. Häufig sind in solchen Gesteinen Adern, welche gleichfalls aus Diopsid, aber ohne Schungit bestehen, ebenso wie Adern von Kalkspath. Das dritte Silicat endlich ist stets sehr schlecht ausgebildet. Seine Umrisse sind unregelmässig, häufig wie zerfetzt, an etwas deutlicheren Individuen erkennt man eine Andeutung prismatischer Ausbildung mit fast vollkommener Spaltbarkeit ∥ zur Längserstreckung und weniger deutlicher ⊥ dazu. Das Mineral ist optisch zweiaxig, positiv, mit einem scheinbaren Axenwinkel von etwa 50°, Axenebene ∥ zur vollkommenen Spaltbarkeit, die Lichtbrechung ist hoch, die Doppelbrechung sehr nieder, es handelt sich also wohl um Zoisit. Was die mikroskopischen Eigenschaften des Kalkspaths betrifft, so ist derselbe zum Theil erfüllt von Schungitfetzen, zum Theil zeigt er auch noch die sericitähnlichen Flimmer in grosser Menge. Er hat stets ungewöhnlich feine Zwillingslamellen, welche gebogen und geknickt sind, und diese häufen sich oft derart, dass das ganze Individuum faserig erscheint, da meist nur eine Fläche der Form $-\frac{1}{2}$ R als Zwillingsebene auftritt. In accessorischer Weise finden sich Titanit und Pyrit. Auf's engste schliessen sich hieran die Gesteine, welche im Serpentin selbst in der Form der Ausfüllung einer Kluft oder Spalte auftreten, sie sind in mineralogischer und structureller Beziehung zumeist mit den beschriebenen übereinstimmend, nur dass hier der Schungit fehlt und dagegen Granat dazukommt, welcher kleine unregelmässig begrenzte Individuen bildet. Im Allgemeinen tritt auch in diesen Bildungen der Kalkspath etwas mehr in den Hintergrund.

Von Interesse sind auch die dichten Granat- und Vesuvianfelse von eigentlich Hornstein-artiger Beschaffenheit, von welchen namentlich die ersteren einige bemerkenswerthe Eigenschaften zeigen. Schon in meiner früheren Arbeit (vgl. l. c. pag. 28) hatte ich Gelegenheit, auf ähnliche Bildungen in Begleitung der Serpentine hinzuweisen; dieselben erscheinen geradezu als Charakteristika der Minerallagerstätten der

1) Ich bezeichne im ganzen Verlauf dieser Arbeit die verschiedenen Glieder der Chloritgruppe kurzweg als Chlorit, um erst bei der spätern mineralogischen Bearbeitung dieser Vorkommnisse eine detaillirte Trennung derselben durchzuführen.

Serpentine, ebenso wie sonstiger Contactlagerstätten (Monzoni etc.) und zwar finden sich die verschiedensten Mineralien Granat, Vesuvian, Diopsid, Tremolit in dieser Form in Begleitung des Serpentins. Makroskopisch haben dieselben ein Hornstein- oder Chalcedon-artiges Aussehen, unterscheiden sich aber von derartigen Mineralien durch die grosse Zähigkeit und das hohe specifische Gewicht. Erst unter dem Mikroskop kann man einigermassen die mineralische Zusammensetzung derselben ergründen. Von derartigen Bildungen liegen vom Hackbrettl zwei Varietäten vor, das eine von stellenweise karneolähnlichem Aussehen besteht aus Partieen von vorherrschendem Granat, sowie solchen, in welchen Diopsid und Epidot, gleichfalls in dichtem Gemenge, überwiegen; es finden sich in demselben grosse Diallagkrystalle eingewachsen. Das andere hat Aussehen und Farbe von Nephrit und besteht unter dem Mikroskop vorherrschend aus einem kräftig lichtbrechenden, sehr schwach doppelbrechenden Mineral, an welchem im polarisirten Licht wiederum merkwürdige Interferenzfarben niederster Ordnung (dunkelpurpur etc.) zu beobachten sind, wahrscheinlich hat man es mit Vesuvian zu thun. Beiden Varietäten ist Diopsid in winzigen Körnern, Epidot, sowie Chlorit in kleinen Blättchen beigemengt, der erste ausgezeichnet durch eine grosse Menge farbloser Einschlüsse, von welchen einige deutlich krystallisirt erscheinen und die optischen Eigenschaften des Zirkons haben. Am interessantesten ist in diesen Vorkommnissen das Verhältniss des Granats zum Diallag, indem man die Umbildung des letzteren in ersteren in allen Stadien verfolgen kann. Diese Art der Umwandlung ist in Fig. 4 der Tafel III dargestellt, in welcher eine zerrissene Partie von Diallag in dichtem Granat vorhanden ist, welcher letztere auf Rissen in den Diallag eindringt. Allerdings ist das Resultat der Pseudomorphose kein reiner Granat, aber dieses Mineral herrscht bedeutend über die Beimengungen von Chlorit und Diopsid. Zunächst erscheinen in dem Diallag, welcher normale Eigenschaften, sowie die charakteristischen Interpositionen von braunen Stäbchen besitzt, parallel den Spaltrissen Ansiedelungen von Granatsubstanz ohne Andeutung von Krystallform, meist gemengt mit etwas Chlorit, wobei sich häufig Salbänder von Granat und eine Chloritausfüllung unterscheiden lassen; diese dehnen sich dann auf Quersprüngen und Adern aus und durchsetzen den Krystall in allen Richtungen. Bei weiterer Fortsetzung der Umwandlung liegen noch einzelne getrennte, aber zusammen auslöschende Fetzen von Diallag in der stets formlosen Granatmasse, bis auch diese der Umwandlung anheimfallen.

Mit der Beschreibung dieser drei Vorkommnisse dürfte wohl das Wichtigste über die Serpentine des Stubachthales gegeben sein, doch fand ich bei meinen Wanderungen in diesem Gebiet noch an mehreren Stellen Rollstücke von Serpentin, welche nach ihrem Fundort zu schliessen keiner dieser Lagerstätten angehören, ohne dass es mir indess gelang, dieselben anstehend zu beobachten. Ich erwähne nur, dass ich ein derartiges Stück in der Dorfer Oed auflas, und dass Aehnliches sich, nach freundlichen Mittheilungen des Herrn Professor Fugger in Salzburg, auch im Litzl-Stubach in der Nähe des Litzl-Sees findet.

B. Die Vorkommnisse der Umgebung von Prägraten.

Von den in meiner öfter erwähnten Arbeit über die Serpentine der Umgebung von Prägraten aufgeführten zahlreichen Vorkommnissen sollen hier nur drei eingehender besprochen werden und zwar die Serpentine von der Eichamwand im Tümmelbachthal, vom Islitz Fall in der Dorfer Alpe und von der Goslerwand zwischen Grossbach- und Kleinbachthal (auf der Specialkarte der österr.-ung. Monarchie 1 : 75000 als Seespitze bezeichnet), da an diesen eine Anzahl neuer und für die Auffassung der Gesteine wichtiger Beobachtungen gemacht werden konnte. Der Beschreibung der übrigen, meist weniger bedeutenden Vorkommnisse habe ich nichts Weiteres hinzuzufügen als die Bemerkung, dass in den Dünnschliffen der Serpentine nirgends Reste der ursprünglichen Mineralien zu erkennen sind, dass dieselben aber zum grössten Theil mit den Serpentinen des Stubachthals in ihrer Structur übereinstimmen, und ich daher mein Urtheil über die ursprünglichen Gesteine, aus denen die Serpentine sich herausgebildet haben, dahin abändern muss, dass diese nicht olivinarm oder gar -frei waren, sondern dass dieselben vielmehr Peridotite vom Typus des Stubachits darstellten. Eine definitive Sicherstellung dieser Ansicht kann ich natürlich nicht geben, wenn dieselbe nicht darin zu finden ist, dass da, wo ein Pyroxen dem Gestein beigemengt ist, dieser einestheils sehr viel weniger schnell zu Serpentin wird und fast immer in Resten erhalten bleibt, anderntheils aber in Vorkommnissen, in welchen die Umbildung von Pyroxen in Serpentin vollkommen ist, selten eine so wohlausgebildete, gesetzmässige Durchkreuzung der Lamellen nachgewiesen werden kann, wie dies bei der Serpentinisirung des in regelmässiger Weise mit Antigorit verwachsenen Olivins stets der Fall ist.

Was das geologische Vorkommen der drei Serpentine betrifft, welche uns beschäftigen sollen, so möchte ich hier nur wiederholen, dass dieselben in dem Schichtencomplex von Kalkglimmerschiefer und Chloritschiefer eingelagert sind, welcher auf der Südseite des Grossvenedigerstockes zu so mächtiger Entwicklung gelangt ist. Sie treten dort in den steil südsüdwestlich einfallenden Schichten in Form mächtiger Linsen zu Tage, welche sich nach beiden Seiten rasch auskeilen, und sie werden begleitet von einer bunten Reihe von Gesteinen, welche reich an Magnesia-, Kalk-, und Thonerdesilicaten sind, die in ihrer Structur und Ausbildung mit contactmetamorphischen Gesteinen aus anderen Gegenden die weitgehendste Aehnlichkeit besitzen, und zu welchen analoge Bildungen in der ganzen übrigen Schichtenreihe des Grossvenedigermassivs nicht aufgefunden werden können. Ferner lässt sich an diesen Gesteinen ein schichtenförmiger Wechsel in der Gesteinsbeschaffenheit sehr schön verfolgen, ganz entsprechend dem raschen Wechsel in der chemischen Zusammensetzung der Gesteine, aus welchen sie hervorgingen und mit welchen sie durch Uebergänge verbunden sind.

Von den ursprünglichen Mineralien dieser Serpentingesteine ist mit Ausnahme grossblättriger Diallagaggregate, welche in dem Serpentin der Eichamwand vorkommen,

sowie von ganz unbedeutenden Resten von Olivin und Diallag, welche man erst unter dem Mikroskop in diesen Vorkommnissen beobachtet, nichts weiter zu entdecken, doch weist sowohl die Ausbildung der vorhandenen Olivinreste als auch die Structur der Serpentine selbst darauf hin, dass die ursprünglichen Gesteine als „Stubachite" anzusehen sind, welche mit den Vorkommnissen der Riffl übereinstimmten. An allen diesen Serpentinen finden sich ferner neben der normalen massigen Ausbildung, schiefrige Varietäten, so namentlich gegen die Grenzzonen zu, sowie die verschiedenen als Antigorit und Pikrosmin etc. bezeichneten Aggregate; auch kommen überall Hornblendeasbest, Bergleder u. s. w. in grösserer oder geringerer Menge auf Klüften vor. Im Allgemeinen sind in den Serpentingesteinen selbst ausser den begleitenden opaken Erzen, welche stets stark magnetisch sind und Reactionen auf Eisen und Chrom geben, weitere secundäre Mineralien selten; doch finden sich hin und wieder Blättchen von Talk, Nadeln von Tremolit, Rhomboëder von Breunerit etc. Nur von der Eichamwand sind mir Stücke von Serpentin bekannt geworden, in welchen stellenweise Tremolit resp. Strahlstein in etwas grösserer Menge in wirren Aggregaten auftreten, welche dann einen schichtenartigen Wechsel mit reinem Serpentin zeigen.

Vorkommnisse von neugebildeten Mineralien auf Gängen im Serpentin kenne ich von diesen Lokalitäten, mit Ausnahme des schon erwähnten Asbests, im Anstehenden nicht. Doch ist es wahrscheinlich, dass die früher beschriebenen dichten Vesuvianfelse der Eichamwand in dieser Weise vorkommen, wie aus der Analogie mit anderen ähnlichen Vorkommnissen zu schliessen ist.

Zwei der Serpentine gehören dem Grossvenedigerstock an; sie liegen etwa 3 km nördlich vom Klein-Iselthal, annähernd im selben Streichen, während das dritte südlich davon in dem Hauptkamm zwischen Klein-Isel- und Deffereggen-Thal auftritt und somit nicht mehr zum Grossvenedigerstock selbst zu rechnen ist.

Der Serpentin des zuerst zu besprechenden Vorkommnisses, derjenige der Eichamwand, steht, wie schon früher genauer beschrieben, am Nordwestabhang der vordern Eichamspitze (Spec.-Karte: Eichham) an und stürzt in mehreren Terrassen sehr steil gegen das Tümmelbachthal, auch Wallhornalpe genannt, ab. Der obere Contact gegen die Schiefer dürfte an diesem Vorkommniss äusserst schwer zugänglich sein, zumal der Serpentin in der Höhe grosse Neigung zeigt, zu einem schaligen Schutt zu verwittern, welcher durch häufig beigemengten Talk sehr glatt ist, und so die Wanderung über die steilen, massigen Serpentinfelsen, über welche er ausgestreut ist, äusserst gefährlich macht; dazu kommt noch, dass fortwährend Abstürze des bruchigen Gesteins erfolgen. Dagegen ist, allerdings nur an einer Stelle, der Contact gegen die darunterliegenden Kalkglimmerschiefer zugänglich und zwar fast an der äussersten Ecke gegen das Tümmelbachthal, wohin man in einer zweistündigen Wanderung etwa in halber Höhe der Felsen über den glatten Schutt, welcher dieselben bedeckt, gelangt. An sonstigen Stellen ist er entweder von Blöcken überschüttet oder steht in den unzugänglichen Wänden an. Dass aber auf der ganzen Erstreckung der Serpentin von eigenartig ausgebildeten Gesteinen begleitet wird, beweisen die zahlreichen Findlinge

derselben, welche unten in der Runse zwischen vorderer und hinterer Eichamspitze überall aufgelesen werden können. Der Contact ist an der obenerwähnten Stelle gut aufgeschlossen und bietet ein sehr charakteristisches Bild. Die dem Serpentin zunächst liegenden Gesteine sind grobkörnige Kalke, welche nur wenig Silicate enthalten, aber von zahlreichen Adern von Epidot durchzogen werden. Unter diesen lagert ein körniger Epidot-Diopsid-Vesuvianfels, welcher zum Theil auf Drusen Krystalle dieser Mineralien enthält, namentlich aber von massenhaften Adern und Gängen durchsetzt ist, welche aus chocoladebraunem Granat bestehen. Dieser ist, wie analytisch festgestellt wurde,[1]) ein Kalkgranat, welcher nur wenig Eisenoxydul enthält, und er bildet bald grobkörnige Aggregate, bald sitzt er in einzelnen wohlausgebildeten Krystallen auf den Klüften. Man kann ferner an diesem Vorkommniss ein eigenartiges Verhältniss in der Art des Auftretens des Serpentins selbst beobachten, welches sich an verschiedenen andern Punkten wiederholt. Es liegen nämlich neben der Hauptmasse des Serpentins (S im nebenstehenden Profil) und von diesem durch eine ganze Reihe der zum Theil contactmetamorphisch veränderten Schichten des Kalkglimmerschiefers (K) und Chloritschiefers (Cl) getrennt, einige bedeutend kleinere Serpentinmassen S, welche im Aufschluss einen flach linsenförmigen Durchschnitt liefern, wie es das beigegebene Profil zeigt. Unter diesen folgt Chloritschiefer, der gleichfalls etwas modificirt erscheint.

Fig. 2.



Profil an der Eichamwand.
Maassstab 1:3000.
K Kalkglimmerschiefer, Cl Chloritschiefer, S Serpentin.

Der Serpentin, welcher die schroffen Abstürze der Eichamwand bildet, ist im Kern der Masse ein hartes, compactes, dunkelgrünes Gestein von grosser Zähigkeit. Unter dem Mikroskop erkennt man die charakteristische Gitterstructur des Antigoritserpentins mit seltenen Resten von trübem Olivin. Manchmal findet man hier auch gefleckte Varietäten, und man erkennt im Dünnschliff in den lichten Partieen neben wenig Tremolit Körner von Olivin, welche aber nicht wie im gewöhnlichen Serpentin zu trüben Aggregaten zersetzt, sondern vielmehr durchsichtig geblieben sind. Dementsprechend fehlen in denselben auch die primären Tafeln von Antigorit vollständig und die Hauptmasse des Gesteins ist mit Maschenstructur versehener Chrysotilserpentin. (Vergl. Taf. II Fig. 4). Auch schichtenartiger Wechsel von helleren und dunkleren Lagen kommt hin und wieder vor. Die lichtgrünen Lagen bestehen zum Theil aus „edelm“ Serpentin, welcher sich von dem gewöhnlichen Antigoritserpentin im Mikroskop durch das Zurücktreten der Erze, sowie durch etwas

1) Vergl. für dieses Vorkommniss von Granat, sowie für die folgenden vom Islitz-Fall, von der Scharn und vom Rothenkopf die Analysen bei Schnerr, Beiträge zur chemischen Kenntniss der Granatgruppe, Inaug.-Diss. München 1894.



gröber schuppige Structur auszeichnet, zum Theil haben sich hier wirre Aggregate eines Amphibolminerals ausgebildet, wodurch das Gestein nephritartig wird. Auf den in diesem Serpentin vorkommenden, grossblätterigen Diallag wurde schon früher hingewiesen, es mag hier noch bemerkt werden, dass sich auf den Sprüngen des Diallags mit Vorliebe Chlorit und nicht Serpentin bildet. Einige Proben hier gesammelter Gesteine sind dadurch interessant, weil in ihnen mit grosser Deutlichkeit zwischen den Pseudomorphosen nach Olivin und denen nach Diallag unterschieden werden kann. (Vergl. Tafel II Fig. 1.) Beide Mineralien sind gleich vollständig in Antigorit umgewandelt, aber während der aus Olivin entstandene Serpentin die Gitterstructur sehr schön zeigt und klar durchsichtig ist, erscheint der aus Diallag entstandene trüb, parallelschuppig und lässt die ursprüngliche Streifung des Diallags noch in grosser Deutlichkeit erkennen.

Neben massig ausgebildeten finden sich hier schiefrige und schalige Varietäten in Menge, namentlich treten diese Formen gegen den Contact zu auf. In den Klüften des Serpentins finden sich allenthalben Ausfüllungen von wirrfaserigem Hornblendeasbest, in welchem häufig Knauern von Dolomit, sowie wohlausgebildete Oktaëder von Magnetit gefunden werden. Meiner früheren Beschreibung der Contactgesteine brauche ich nicht viel hinzuzufügen; die Mineralien, welche dieselben zusammensetzen, sind: Calcit, Diopsid, Epidot, Vesuvian, Hornblende, Chlorit, Granat und ein natronreicher Plagioklas, sowie Magnetit und Titanit. Vor Allem möchte ich nochmals die ungewöhnlich kräftige Doppelbrechung des Granats betonen, welcher mit brauner, selten mit gelber Farbe im Dünnschliff erscheint. Im polarisirten Licht werden die Durchschnitte häufig in grosse, nicht ganz gleichmässig auslöschende Felder zerlegt, deren Anordnung auf eine Dodekaëderstructur (Klein) hinweist, wie auch die aufgewachsenen Krystalle stets dodekaëdrisch ausgebildet sind, während der Granat in dem Gestein selbst die Krystallform vermissen lässt. In Fig. 5 der Tafel IV ist ein Granatkrystall von diesem Vorkommniss im polarisirten Licht dargestellt. In den dem Contact an der oben besprochenen Stelle zunächst geschlagenen Gesteinen herrscht Calcit vor, welcher wie gewöhnlich in körnigen Aggregraten mit geknickten und gebogenen Zwillingslamellen auftritt; mit demselben zusammen finden sich schlecht ausgebildete Prismen von Epidot und Hornblendenädelchen, in andern Stücken treten Diopsid, Chlorit und Titanit hinzu. Etwas weiter vom Contact entfernt herrschen die Silicate über den Calcit, und zwar sind es bald körnige, compacte Epidotfelse, bald mehr cavernöse Gesteine, in welchen Diopsid, Granat und Chlorit überwiegen. An einzelnen Handstücken kann man noch die Wechsellagerung eines ursprünglichen Kalkglimmerschiefers mit Chloritschiefer beobachten. In ersterem finden sich in körnigem Kalk vorherrschend Granat, Diopsid und Vesuvian, während die Grundmasse des letztern von einem Plagioklas (positiv mit schwacher Lichtbrechung, also wahrscheinlich Albit) gebildet wird, in welcher strahlige Aggregate von Hornblende, sodann Epidot, Chlorit, Diopsid und Vesuvian sich finden; in beiden tritt auch Titanit auf. Wie schon oben bemerkt durchsetzen diese Gesteine zahlreiche Adern von Silicaten und

Kalkspath, und es ist an derartigen Stücken interessant, wie oft aus granatreichen Schichten Adern mit demselben Granat in das im Uebrigen granatfreie Nebengestein ausstrahlen, und auf diesen Adern finden sich vor Allem wohlkrystallisirte Mineralien. Ueber die gleichfalls schon früher besprochenen dichten Vesuvianfelse, welche mit denen des Hackbrettl die grösste Aehnlichkeit haben, möchte ich noch ein paar ergänzende Bemerkungen machen, obwohl es mir auch jetzt nicht gelungen ist, das Vorkommen anstehend zu beobachten. Die Gesteine sind von apfelgrüner Farbe und sehr dicht; unter dem Mikroskop erkennt man, dass sie an den reinsten Stellen nur aus körnigem Vesuvian bestehen; an anderen mischt sich Diopsid dazu, und man sieht ausserdem nicht selten, wie grössere Krystalle von Diallag, welche in dem Aggregat liegen, von Adern des letztern durchschwärmt und allmählich von dem Gemenge von Diopsid und Vesuvian verdrängt werden, ganz analog wie dies bei dem Granatfels des Hackbrettl durch Granat der Fall ist. Manchmal treten Vesuvian und Diopsid zurück und an Stelle derselben ein sehr dichtes Glimmeraggregat, in welchem dann wohlbegrenzte Rhomboëder von Dolomit, sowie schlecht ausgebildete Epidotprismen liegen.

Das zweite hiehergehörige Vorkommniss findet sich etwa im gleichen geologischen Horizont im nächsten westlichen Parallelthal, der Dorfer Alpe, wo es vom Wasserfall der Islitz durchbrochen wird. Das Vorkommen vom Islitz-Fall wurde gleichfalls schon ausführlich beschrieben, wobei allerdings in der Hauptsache nur die verhältnissmässig geringere Partie am rechten Bachufer berücksichtigt wurde, während die Aufschlüsse der Contactverhältnisse am linken Ufer bei meinen früheren Besuchen durch eine mächtige Lawine verdeckt waren. Inzwischen habe ich auch diese eingehender untersucht und daselbst ganz analoge Bildungen gefunden. Am rechten Ufer bildet der Serpentin einen schroff aufragenden Felsriegel, welcher im Hangenden die ausführlicher beschriebenen Kalksilicathornfelse aufweist. Die umgewandelte Zone hat hier eine Mächtigkeit von etwa 60 m., was im Verhältniss zu den sonst viel weniger ausgedehnten Contactzonen darauf schliessen lässt, dass der Serpentin unter dieselbe einschneidet. Auf dem linken Ufer nimmt der Serpentin eine viel bedeutendere Mächtigkeit ein und steigt auch in mehrern Terrassen zu grösserer Höhe empor, überall im Liegenden von analogen Hornfelsbildungen begleitet, während solche im Hangenden hier nur in sehr schlechter Ausbildung vorhanden sind. Von den Serpentinen, welche im Allgemeinen massige Antigoritserpentine ganz normaler Ausbildung ohne irgend einen Rest der ursprünglichen Mineralien sind und nur gegen den Contact zu schalig werden, möchte ich ein Handstück erwähnen, weil in diesem wieder das Verhältniss von Diallag und Olivin im umgewandelten Gestein deutlich erscheint. Es finden sich in einer mit normaler Gitterstructur versehenen Antigoritmasse regelmässig umgrenzte Aggregate von parallelem Antigorit, welche die Streifung des Diallags erkennen lassen, wie aus Fig. 2 Tafel II zu ersehen ist.

Die Contactgesteine, welche hier eine sehr bedeutende Entwicklung zeigen, bestehen im Wesentlichen aus rothem Kalkgranat, Diopsid, Epidot, Strahlstein, Chlorit, Calcit, Plagioklas, Magnetit, Pyrit, Titanit und sehr wenig Vesuvian, zu welchen noch



das in den Vorkommnissen vom Hackbrettl als Zoisit gedeutete Mineral kommt. Diese Mineralien treten in allen möglichen Mengenverhältnissen zusammen, wodurch sich die Reihen vielgestaltiger Gesteine entwickeln, welche namentlich am rechten Ufer des Baches gesammelt werden können; am linken ist der Wechsel in der Zusammensetzung bedeutend geringer. Am rechten Ufer herrschen die Silicate, Calcit ist untergeordnet und die Silicate zeigen gegen diesen häufig deutliche Krystallform; am linken ist die Hauptmasse der Gesteine körniger Kalk mit Silicaten, an welchen fast nie Krystallform zu beobachten ist. Die ursprüngliche Schichtung ist in den compacten Hornfelsen der westlichen Seite ebenso erhalten wie in den bruchigen Gesteinen der östlichen, und man unterscheidet noch im Handstück Lagen mit vorherrschendem Granat, resp. Epidot deutlich, während die Schieferung allenthalben verloren gegangen ist. Man kann auch hier einen gewissen Unterschied feststellen zwischen den aus Kalkglimmerschiefern hervorgegangenen Kalksilicathornfelsen der vorherrschenden Combination: Calcit, Granat, Vesuvian, Diopsid und solchen Gesteinen, welche durch Umwandlung von Chloritschiefer entstanden sind und in der Hauptsache aus grüner Hornblende, Chlorit, Plagioklas und Epidot bestehen. Ueber die einzelnen Mineralien ist nicht viel Neues zu sagen. Besonderes Interesse beansprucht nur der Granat, welcher hier gleichfalls doppelbrechend ist, aber im polarisirten Licht meist nicht so einheitliche Felder wie die von der Eichamwand erkennen lässt, sondern aus complicirten Lamellensystemen aufgebaut erscheint. Zu bemerken ist, dass der Granat diesen gesetzmässigen Aufbau auch da sehr deutlich zeigt, wo ihm die Krystallform vollständig mangelt.

Die neu aufgefundenen Contactgesteine, welche den Serpentin am östlichen Ufer des Islitz-Fall in seiner ganzen Erstreckung im Liegenden begleiten, sind zum Theil umgewandelte Kalkglimmerschiefer, zum Theil umgewandelte Chloritschiefer. Erstere liegen uns in der Form grobkörniger Kalke mit beigemengten Silicaten vor; unter dem Mikroskop erkennt man, dass der Kalkspath zahlreiche Spuren von Kataklase zeigt und in grosser Menge die öfter erwähnten Sericit-artigen Flitter umschliesst. Man sieht in Fig. 3 der Taf. IV ein derartiges Kalkspathbindividuum mit verbogenen Zwillingslamellen. Die Silicate, vor allen Granat, Zoisit und Diopsid, dann etwas Epidot und seltener Vesuvian, sind stets ohne Krystallform in länglichen oder unregelmässigen Körnern ausgebildet, am unregelmässigsten der Granat, sowie das schon erwähnte Zoisit-artige Silicat. Ausserdem findet sich Chlorit in ziemlich grossen Blättchen. In der zweiten Gruppe der Contactgesteine fehlt der Kalkspath fast vollständig, ebenso der Granat, während dagegen Hornblende und Epidot oft in wohlbegrenzten Krystallen massenhaft in eine ziemlich grobkrystalline Plagioklasausfüllungsmasse eingebettet liegen.

Mit der Entfernung vom Contact gehen diese Gesteine verhältnissmässig rasch in die normalen ursprünglichen über und die Zone der umgewandelten Gesteine ist selten mächtiger als 10 m. Indessen sind hier die Uebergänge wohl entwickelt, so dass man die Wirkungen des Metamorphismus in allmählicher Abnahme verfolgen kann.

Ueber das dritte bedeutende Serpentinvorkommen aus der Umgebung von Prä-

graten, dasjenige der **Goslerwand**, südlich vom Klein-Iselthal, liegen gleichfalls eine ganze Anzahl neuer Beobachtungen vor, und es stellte sich bei den vielfachen Begehungen dieses massigen Felskopfes heraus, dass derselbe eine reichhaltige Fundstelle der verschiedensten Mineralien ist, wie sie in den östlichen Centralalpen schöner vielleicht nur noch an dem Serpentin der Burgumer Alpe im Pfitscher Thal geboten wird. Die Contactbildungen, welche an dem Serpentin der Goslerwand auftreten, sind hauptsächlich auf der Nordost-, Nord- und Nordwestseite entwickelt, an der Südseite wurden zwar auch einzelne derartige Stellen beobachtet, aber nicht in der weiten Verbreitung, der Reichhaltigkeit an Mineralien, sowie der Variabilität der Combinationen, wie dies auf der nördlichen der Fall war. Die Contactzone begleitet das ganze Serpentinvorkommen von einem auskeilenden Ende, welches, wie früher beschrieben, im Kleinbach aufgeschlossen ist, bis zum andern auf der Bachlenke. Es ist allerdings nicht leicht möglich, die Grenzzone in einer Wanderung zu verfolgen, da dieselbe namentlich auf der Nordseite in den schroffen Wänden ansteht, sondern es ist vielmehr ein vielfaches Hinauf- und Heruntersteigen nothwendig, um zu einzelnen zugänglichen Punkten zu gelangen, eine mühselige Arbeit, da es sich fast jedesmal um Höhenunterschiede von 400—500 m handelt. Die zahlreichen, so wechselnd zusammengesetzten Mineralcombinationen aus den Schutthalden der Goslerwand, welche in meiner früheren Arbeit beschrieben wurden, und deren Bedeutung als Contactbildungen ich damals wahrscheinlich zu machen suchte, wurden fast alle oben in der Contactzone zwischen Serpentin und Schiefer beobachtet, und es konnten dort ausserdem noch einige besonders interessante Neubildungen dazu gesammelt werden. Der Serpentin, welcher die **Goslerwand** bildet, hat einen massigen Habitus, im Allgemeinen ohne Andeutung einer Parallelstructur; er stürzt in wild zerklüfteten Wänden gegen die Schiefer ab, aus welchen er sich wie eine Mauer emporhebt, und schon auf weite Entfernung erkennt man den Unterschied zwischen den prallen Felswänden des Serpentins mit den riesigen Blockmassen, welche sie am Fusse aufgeschüttet haben und den mehr weichen Formen, welche die umgebenden Schiefergesteine charakterisiren. Das Gestein ist von dunkelgrüner Farbe, seltener auch mit lichtgrünen Flecken versehen und besitzt eine bedeutende Zähigkeit. Auf den zahlreichen Klüften finden sich Ausfüllungen von Hornblendeasbest, welcher zum Theil technisch gewonnen wird, mit grossen Krystallen von Sphen, sowie Aggregaten von Dolomit, welcher oft durch parallel eingewachsene Nadeln des farblosen Hornblendeminerals stengelig bis faserig wird; endlich finden sich hier auch Oktaëder von Magneteisen. Von der Anwesenheit kupferhaltiger Mineralien zeugen dünne grüne und blaue Ueberzüge auf den Klüften. Auch hier kann man die Beobachtung machen, dass eine kleinere Serpentinpartie von der Hauptmasse durch contactmetamorphische Schichten abgetrennt ist. Diese kleinere Partie, welche an der Passhöhe zwischen Grossbach- und Kleinbachthal ansteht, hat gleichfalls linsenförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von etwa 30 m; sie zeigt am Contact in Menge Asbest und Talk und wird von Epidot- und Epidotdiopsidfels überlagert. Eine mächtige zerklüftete Masse von edlem, grünlichgelbem Serpentin



setzt, wie schon früher berichtet, durch den normalen Serpentin hindurch. Unter dem Mikroskop erkennt man in dem letzteren das charakteristische Bild eines Antigoritserpentins, in welchem die Gitterstructur oft in besonderer Deutlichkeit ausgebildet ist; man kann dabei fast überall zwischen den grossen, regelmässig angeordneten Tafeln und einer feinschuppigen Ausfüllungsmasse unterscheiden. (Vergl. Tafel I Fig. 5.) Accessorisch findet sich oft Talk, sowie Nadeln von Tremolit, welcher namentlich in dem sehr feinschuppigen edlen Serpentin vorhanden ist; ein chromhaltiger Magnetit ist in wechselnder Menge in allen Proben enthalten. Ueber Reste von diallagartigem Augit in diesen Gesteinen wurde schon früher berichtet; ich möchte dazu nur bemerken, dass in der früheren Beschreibung von einem bastitartigen Mineral mit schiefer Auslöschung die Rede ist, welches bei der Umwandlung des Diallags entsteht; dies ist unrichtig, und die Täuschung wurde dadurch hervorgebracht, dass die Diallagkrystalle in dem veränderten Zustand, in welchem sie vorliegen, zum Theil so mit Antigoritschuppen erfüllt sind, dass sie trübe werden und ihre Doppelbrechung gering erscheint, anhaltendes Kochen eines derartigen Schliffes mit Salzsäure entfernte den Antigorit und liess Reste von frischem Diallag zurück. In Verbindung mit dem Serpentin tritt auch ein mehr oder weniger dichter Chloritfels[1]) auf, in welchem makroskopisch Krystalle von Magnetit erkennbar sind; im Dünnschliff findet man ausserdem noch dünne, metallglänzende schwarze Tafeln, vermuthlich von Titaneisen.[2])

1) Ich bezeichne diese Bildungen als Chloritfelse, um dadurch eine Unterscheidung dieser Gesteine, welche stets dem Serpentingebiet angehören, gegenüber dem Chloritschiefer in allen Fällen sicher zu stellen. Diese Vorkommnisse, welche in ihrer mineralischen Zusammensetzung sehr constant sind, bestehen aus weitvorherrschendem Chlorit, neben welchem die übrigen Bestandtheile rein accessorisch auftreten, so Magnetit und Sphen in grossen Krystallen, kleine Tafeln von Titaneisen, Apatit, sowie seltener Epidot, Strahlstein, Breunerit und Turmalin. Diese Gesteine unterscheiden sich ausser durch ihr Vorkommen somit auch durch den mineralischen Bestand und durch die meist richtungslose Structur von denjenigen Vorkommnissen, welche als schichtbildend im Bereich der krystallinischen Schiefer auftreten, und dürfen mit letztern nicht identificirt werden, wie dies überall in der Literatur geschieht. So sind z. B. die von Tschermak (Vgl. G. Tschermak, Die Chloritgruppe. Sitzungsber. Akad. Wien 1890, **99**, (1) 174, und 1891, **100**, (1) 29) aufgeführten Klinochlorschiefer fast ausschliesslich hieher gehörige Gesteine. (Ebenso F. Zirkel, Lehrbuch der Petrographie III. Bd. 1894, 320.) Es fehlt bei den als Chloritfels zu bezeichnenden Gesteinen stets der Uebergang in solche, welche Quarz und Feldspath führen, vollständig, ebenso wie dieselben niemals schichtbildend auftreten, sondern nur als Contactfacies des Serpentins oder in gang- und putzenförmigen Bildungen im Gebiet des Serpentins zu beobachten sind. Diese Chloritfelse sind auch die Träger einer grossen Anzahl krystallisirter Mineralien, die aber durchaus abweichend sind von denjenigen, welche auf Drusenräumen gewisser Chloritschiefer sich finden; die in jenen auftretenden Bildungen, welche stets die Auskleidung von Klüften und Adern bilden, zeigen die Paragenesis der Kalksilicathornfelse, von welcher die Mineralien der Drusen in den eigentlichen Chloritschiefern, Quarz, Feldspäthe, Titanit, Rutil, Kalkspath, Epidot vollständig verschieden sind.

2) Vergleiche auch A. Cathrein, Verwachsung von Ilmenit und Magnetit. Zeitschr. f. Krystallogr. **12**, 40.

Grösseres Interesse beanspruchen hier die Contactbildungen, welche in der mannigfachsten Ausbildung vorliegen. Die Aufschlüsse sind zum Theil sehr schön zu übersehen, so an dem in meiner frühern Arbeit besprochenen östlichen Ende des Serpentins im Kleinbachthal, ebenso in der Nähe des westlichen auf der Bachlenke, die beiden Punkte sind gut zugänglich; weniger leicht gelangt man zu den anstehenden Contactbildungen oberhalb der Passhöhe zwischen Grossbach- und Kleinbachthal und endlich zu einem ebenfalls guten Aufschluss in den Wänden über dem Grossbachthal. Aber auch noch an anderen Punkten in diesen Wänden finden sich anstehend die schönsten Contactgesteine, deren Zusammenhang mit dem Serpentin jedoch, wegen der geringen Bewegungsfreiheit, welche man in diesen schroffen Felsen besitzt, an Ort und Stelle sich nicht direct übersehen lässt. Der früher beschriebene Punkt im obern Kleinbachthal, wo der Serpentincontact durch einen kleinen Wasserfall aufgeschlossen ist, zeigt im Liegenden besonders schön eigenartige Garbenschiefer von lichtgelber Farbe mit grossen, grünen, garbenförmigen Hornblendeaggregaten auf den Schichtflächen; die Grundmasse des Gesteins besteht aus wohlausgebildeten Krystallen von Epidot und aus Plagioklas. Das Verhältniss dieser beiden Mineralien zeigt Fig. 4 auf Tafel IV. Darunter folgen Talkschiefer mit Chloritaggregaten, dann Tremolit führende Kalkschiefer und unter diesen normale Kalkglimmerschiefer. Im Hangenden des nur wenige Meter mächtigen Serpentins, welcher theilweise schalig und von Kalkspathadern durchzogen ist, fand ich inzwischen gleichfalls ähnliche Gesteine, nicht in der schönen Ausbildung wie die darunterliegenden Garbenschiefer, aber doch noch wohl charakterisirt gegenüber dem unveränderten Kalkglimmerschiefer; mineralogisch sind sie den anderen ähnlich, lassen aber den allmählichen Uebergang zum ursprünglichen Gestein, welcher in einer Entfernung von etwa 6 m erfolgt ist, deutlich erkennen. Auch die Contactzone oben auf der Passhöhe wurde schon beschrieben; doch beziehen sich die damaligen Beobachtungen nur auf die veränderten Schichten, welche die kleinere Serpentinpartie unterlagern. Zwischen dieser und der Hauptmasse der Goslerwand stehen gleichfalls ähnliche Gesteine an, welche aus Epidot und Diopsid mit etwas Strahlstein und wenig Plagioklas zusammengesetzt sind, und auf deren Klüften sich schön ausgebildete Krystalle von schwarzem Diopsid finden. Vom Serpentin werden dieselben durch eine schmale Schicht Asbest getrennt und der erstere ist am Contact theils als stengliger Antigorit theils schiefrig ausgebildet.

An einer weitern Stelle in den Wänden etwas westlich von dem Pass ist gleichfalls ein Aufschluss zugänglich; es finden sich aber dort ganz eigenartige Gesteine, welche weder mit den sonstigen Hornfelsen noch mit den unveränderten Schiefern der Umgegend übereinstimmen; ich möchte sie daher auch nicht mit Sicherheit den einfachen Contactbildungen zuzählen. Die Grenze des Serpentins wird auch hier durch schiefrige Varietäten und durch parallelfaserigen Antigorit gebildet, auf welchen ein etwa 10 cm breites Band von Hornblendeasbest folgt. Unter diesem liegt $^1/_2$—1 m mächtig ein normaler Epidothornfels, welchem die eigenartigen Bildungen folgen. Zunächst findet sich eine schmale Schicht von vollständig normalem Kalkglimmerschiefer,

bestehend aus Kalkspath, Quarz und lichtem Glimmer, darunter ein sehr feinkörniges Gestein, welches man am besten als Chloritgneiss bezeichnet. Die nächste, gleichfalls wenig mächtige Schicht wird gebildet von einem gneissartigen Gestein mit sehr feinkörniger Grundmasse, in welcher grosse Krystalle von Magnetit, lange Prismen von blaugrüner Hornblende, sowie Putzen von garbenähnlich ausgefranzten Biotitblättchen liegen. Es folgt nun endlich ein Gestein, welches makroskopisch mit einem Knotenglimmerschiefer übereinstimmt. Unter dem Mikroskop zeigt sich dieselbe feinkörnige Grundmasse mit viel sericitischem Glimmer, Chlorit und kleinen Magnetitoktaëdern. Die Knoten werden gebildet von ziemlich grossen gedrungenen Prismen einer tiefgefärbten, blaugrünen Hornblende mit dunkelem Saum. Weiter ist auch hier der Aufschluss nicht zu verfolgen.

Besonders schöne und für die Contactverhältnisse charakteristische Stücke sammelte ich unten in nächster Nähe der Bachlenke, nicht allzuweit von dem westlichen Ende des Serpentinstockes. Dort findet sich fest mit einem serpentinähnlichen Gestein verwachsen, welches mit Sicherheit als geologisch einheitlich mit der Serpentinmasse bezeichnet werden kann, ein zum Theil dichter, zum Theil cavernöser Grossularhornfels, welcher das Hangende des Serpentins bildet. Dort lassen sich auch mit Leichtigkeit Handstücke gewinnen, welche beide Gesteine gleichzeitig zeigen. Die mikroskopische Untersuchung der hier gesammelten Gesteine ergibt, dass die Contactzone des Serpentins hier nicht wie gewöhnlich faseriger Antigorit und Tremolit ist, sondern ein dichter, radialfaseriger Chloritfels,[1]) wie er auch anderwärts in denselben Lagerungsverhältnissen zu beobachten ist. In diesem finden sich trübe, körnige Aggregate von kräftig licht- und doppelbrechenden Körnern, welche aber nicht bestimmt werden konnten, sowie kleine Dolomitrhomboëder und Kryställchen von Sphen. Gegen den Contact zu treten in der Chloritmasse eigenthümlich löcherige, verhältnissmässig grosse Epidotindividuen von zonarem Bau auf, welche sich ziemlich tief in den Chloritfels hinein verästeln, wie dies aus Fig. 3 auf Tafel II ersichtlich ist. Nun folgt scharf abgegrenzt der eigentliche Hornfels, bestehend aus körnigem Grossular mit kräftiger Doppelbrechung nebst etwas Diopsid und Kalkspath, gegen welch letzteren der Grossular stets deutliche Krystallform zeigt; eine weitere Zone besteht aus dichtem Epidotdiopsidfels, welchem ein gröber körniges Aggregat von Epidot, Diopsid und Granat folgt. Das Ganze ist von vielen Adern durchsetzt, auf welchen sich dieselben Mineralien zum Theil in körnigen Aggregaten, zum Theil in schönen Krystallen finden, ausserdem treten auf diesen Klüften noch Krystalle von Albit und von braunem Granat auf. Es durchsetzen diese Adern sowohl den Hornfels als den Chloritfels, ebenso wie Schnüre des letztern in erstern abzweigen. Hin und wieder beobachtet man auch kleine, eckige Fragmente von der Beschaffenheit der Hornfelse in dem Chloritfels eingebettet.

1) Auch das in meiner oft citirten Arbeit p. 31 besprochene Gestein vom Sulzeck, in welchem radialfaseriger Serpentin angegeben ist, besteht nach dem optischen und chemischen Verhalten der kleinen Schuppen aus Chlorit und bildet das genaue Analogon zu dem hier behandelten.

Die meisten übrigen Vorkommnisse von Hornfels, welche früher nur in Findlingen bekannt waren, wurden inzwischen gleichfalls im Anstehenden geschlagen, so finden sich die splittrigen Epidot-Diopsidfelse an verschiedenen Stellen in den Wänden über dem Grossbachthal, wie überhaupt die Mineralcombination Epidot-Diopsid in den verschiedensten Formen für die Contactbildungen der Goslerwand besonders bezeichnend ist; zu diesen tritt häufig strahlsteinartige Hornblende, etwas Chlorit und verhältnissmässig selten Granat. Von den einzelnen Mineralien finden sich verschieden gefärbte Varietäten, der Epidot ist im Allgemeinen im Dünnschliff orange- bis lichtgelb, seltener farblos, makroskopisch von dunklerem oder lichterem Pistaziengrün, der Diopsid erscheint im Mikroskop meist farblos, weniger häufig tiefgrün gefärbt, entsprechend erscheinen die Krystalle makroskopisch grün bis schwarzgrün. Granat findet sich hyacinthroth, braun, grünlich, lichtrosa und farblos. Einer besonderen Besprechung werth scheint mir von diesen verschieden aussehenden Mineralcombinationen vor Allem noch eine, welche unweit der Stelle in den Wänden über dem Grossbachthal ansteht, an welcher die oben beschriebenen Gneiss-ähnlichen Gesteine gesammelt wurden, und zwar einestheils wegen der Schönheit der dort auftretenden krystallisirten Mineralien, einem lichtrothen Thulit und einem farblosen Diopsid, als wegen der interessanten Verhältnisse ihrer mikroskopischen Structur; man findet diese Bildungen in nächster Nähe des Serpentins, bis zu welchem aber der Aufschluss nicht verfolgt werden konnte. Sie bestehen aus demselben Thulit und Diopsid gemengt mit Mikroklin, und zwar zeigen die ersteren gegen den Mikroklin zu gewöhnlich äusserst vollkommene Krystallform; wo der Mikroklin herausgeätzt ist, bilden sich daher die schönsten Krystalldrusen der schwerer angreifbaren Silicate aus. Unter dem Mikroskop erscheint der Thulit farblos; die Durchschnitte dieses stets vollkommen frischen Minerals, welches schon makroskopisch Zwillingsbildungen erkennen lässt, zeigen im polarisirten Licht einen äusserst complicirten Aufbau und Interferenzfarben, welche die öfter erwähnten eigenartig blauen und olivengrünen Farbentöne niederster Ordnung geben. Die Durchschnitte erscheinen zum Theil aus regelmässigen Lamellen verschieden stark doppelbrechender Thulitsubstanz zusammengesetzt, theils ist die Verwachsung mehr fleckig, und es entsteht so ein eigenartiges, kaum zu entwirrendes Bild der Structur des Minerals. In sehr vielen Fällen zeigen fleckige oder lamellare Partieen keine Auslöschung zwischen gekreuzten Nicols, sondern nur einen Wechsel zwischen blauen und olivengrünen Interferenzfarben, dazu ist die Orientirung der Axenebene nicht constant und auch der Charakter der Doppelbrechung ist bald positiv, bald negativ. Eine genauere Einsicht in den Aufbau dieses Minerals dürfte die in der Folge vorzunehmende mineralogische Untersuchung des Materials ergeben. Das zweite Silicat, welches an der Zusammensetzung dieser Hornfelse theilnimmt, ist ein normaler farbloser Diopsid, an welchem nur die fast stets vorhandene Kataklasstructur, welche sich in Zerbrechungen und undulöser Auslöschung der Krystalle äussert, erwähnenswerth ist. Der Mikroklin endlich füllt die Lücken zwischen den beiden genannten Silicaten aus und erscheint auch in grösseren Partieen im Gestein, er ist zum Theil wie bestäubt von winzigen Einschlüssen



und lässt manchmal sehr deutliche Spaltbarkeit erkennen. Die optischen Verhältnisse sind meist ziemlich complicirt, und nur selten tritt regelmässige Gitterstructur hervor; im Allgemeinen erinnert die Erscheinung dieses Minerals zwischen gekreuzten Nicols an diejenige des Kryptoperthit; die chemische Analyse ergibt jedoch, dass ein sehr kalk- und natronarmer Kalifeldspath vorliegt.

C. Das Vorkommen im Hollersbachthal.

Während auf der Südseite des Gross-Venedigermassivs die Vorkommnisse von Serpentin so zahlreich sind, finden sich auf der Nordseite nur einige wenige. Anstehend habe ich nur 2 beobachtet, wenn man von den Bildungen im Velber Thal absieht, welche wahrscheinlich nicht hieher gehören; das erste an der Schwarzen Wand in der Scharn, dem untersten linken Seitenthal des Hollersbachthales, das andere im Legbachthal, einem Seitenthal des Habachthales, welches zu dem bekannten Smaragdvorkommen hinaufführt. Die Verhältnisse des letztern konnte ich nicht völlig genügend studiren, da bei meinem früheren Besuch ein heftiger Steinschlag eine eingehendere Erforschung der Lagerungsverhältnisse unmöglich machte und jetzt wegen Wiederaufnahme des Smaragdbergbaues der Zugang zum Thal überhaupt gesperrt ist. Der Serpentin im Legbachthal ist normaler Antigoritserpentin, auf dessen Klüften kleine, flächenreiche Krystalle von Dolomit vorkommen; sonst bietet derselbe nichts Bemerkenswerthes. Ich will gleich erwähnen, dass vermuthlich im gleichen Niveau auf der andern Seite des Habachthals ebenfalls Serpentin vorhanden ist, da, einer freundlichen Mittheilung des Herrn Professor Kastner in Salzburg zufolge, dort Rollstücke von Serpentin an den Abhängen gefunden wurden, anstehend wurde derselbe nicht beobachtet. Ich möchte hier betonen, dass mir Serpentin auch auf der Nordseite des Venedigerstockes nur als durchaus selbstständiges Gestein bekannt geworden ist, und dass ich Uebergänge und Mischungen mit den grünen Schiefern, welche Peters[1]) in seinem Aufnahmebericht erwähnt, weder von hier noch von einem anderen Punkte des ganzen Gebietes kenne.

Von bedeutend grösserem Interesse ist das Serpentinvorkommen an der Schwarzen Wand in der Scharn, welches eine ziemliche Mächtigkeit besitzt und seit Langem als Fundort vieler schön krystallisirter Mineralien bekannt ist. Der Serpentin findet sich hier eingelagert in die Schichten der „Grünschiefer“, deren genauere Charakterisirung den Gegenstand einer der folgenden Abhandlungen in diesen „Beiträgen zur Petrographie etc.“ bilden wird, und welche im Hollersbachthal zu ganz besonders bedeutender Entwicklung gelangt sind. Was die Contactverhältnisse betrifft, so sind die Aufschlüsse

---

1) K. Peters, Die geologischen Verhältnisse des Oberpinzgaues, insbesondere der Centralalpen. Jahrb. K. K. geol. Reichsanst. 1854. 775 u. 776.

derselben sehr spärlich und schlecht, da das Vorkommen von mächtigen Blockmassen umgeben ist, welche die Grenze gegen die Nebengesteine verdecken. An einer einzigen Stelle fand ich im Anstehenden dem Serpentin benachbarte Schiefer, von welchen der eine einen Talkschiefer darstellt, während über diesem ein grobschuppiger Chloritschiefer mit Hornblendenadeln sich fand, welcher in seinem Habitus von den normalen „Grünschiefern", die im Allgemeinen sehr dichte, grüne Gesteine darstellen, abweicht. Des Weitern fand sich daselbst ein dunkles phyllitartiges Gestein, welches im Dünnschliff sehr feinkörnig erscheint. Man erkennt eine farblose, körnige Grundmasse mit vielen kleinen Biotitblättchen und Flecken von Graphitoid. Aus dieser treten wohlausgebildete Granatkryställchen hervor mit zonar angeordneten Einschlüssen. Mehr als diese an dem Contact beobachteten Vorkommnisse bieten die verschiedenartigen Mineralcombinationen im Serpentin selbst, die unter Verhältnissen auftreten, welche auf äusserst intensive chemisch-geologische Processe hinweisen. Man kann in der Hauptsache zwei verschiedene Formen des Vorkommens dieser Bildungen unterscheiden, einestheils ein System vielverzweigter Adern und Gänge, welche an der West- und Südwestseite der Schwarzen Wand den Serpentin in seinen äusseren Randzonen durchziehen, und welche vor Allem röthlichbraunen Kalkgranat mit Chlorit, seltener auch Vesuvian führen, zu welchen untergeordnet noch andere Mineralien hinzutreten. Die andere Art des Vorkommens von abweichenden Gesteinen im Serpentin ist namentlich auf der Nordseite oberhalb des Jägerhauses entwickelt; es finden sich hier die Mineralaggregate in Form unregelmässiger Putzen im Serpentin, welche fast den Eindruck mächtiger Einschlüsse machen und zum Theil eine deutliche Lagenstructur erkennen lassen; es sind vor Allem diese die Fundstellen der verschiedenen schön krystallisirten Mineralien, welche aus der Scharn in den Sammlungen verbreitet sind. Dieselben finden sich in diesen putzenförmigen Silicatmassen auf Hohlräumen und auf Klüften, von welchen die Gesteine allenthalben durchzogen sind. Zwei derartige Vorkommnisse habe ich hier im Anstehenden genauer untersucht, von welchen das eine, welches im Aufschluss eine Länge von etwa 7—8 m hat und die halbe Breite besitzt, vorherrschend die Mineralien Epidot, Diopsid, Magnetit mit einem chocoladebraunen Kalkgranat zeigt, während an dem andern, welches weniger bedeutend ist, Vesuvian mit einem lichtrothen Granat vorwiegen. Es treten uns somit hier genau dieselben Mineralien entgegen, welche die Kalksilicathornfelse charakterisiren, und dieselben finden sich in einer Weise mit einander verbunden, welche mit diesen die grösste Aehnlichkeit hat, indessen spricht die Art des Auftretens ganz ähnlicher Bildungen mit denselben Mineralcombinationen am Rothenkopf im Zillerthal, welche im Folgenden beschrieben werden sollen, gegen die Auffassung, dass es sich um Einschlüsse irgend welcher Art im Serpentin handelt.

Der Serpentin selbst ist ein normaler Antigoritserpentin von massigem Habitus, welcher im Dünnschliff keine besonders erwähnenswerthe Erscheinung zeigt. Es finden sich in demselben Partieen von schuppigem Chloritfels mit grossen Magneteisenkrystallen, ein in den centralalpinen Serpentinen weit verbreitetes Vorkommniss. Unter dem Mikroskop findet man, dass diese Gesteine aus feinschuppigen und gröberschuppigen

Partieen von Chlorit bestehen, welche manchmal ziemlich regelmässig gegen einander abgegrenzt sind. Das ganze Gestein ist erfüllt von winzigen, spindelförmigen Titanitkrystallen, welche sich namentlich gerne in Höfen um skelettartige, opake Erze, die also wahrscheinlich Titaneisen sind, anhäufen; die grossen, wohlausgebildeten Krystalle von Magnetit, welche makroskopisch hervortreten, sind umgeben von einem Rand grobschuppigen Chlorits; hin und wieder beobachtet man auch hier Ränder von Titanit. Von den Neubildungen, welche am Serpentin der „Schwarzen Wand" so mannigfaltig vorhanden sind, verdienen zunächst eine eingehende Besprechung die Vorkommnisse, welche in deutlich erkennbaren Gangsystemen die äusseren Zonen des Serpentins durchziehen, sowie die Umänderungen, welche der Serpentin resp. dessen Muttergestein an solchen Stellen erlitten hat. Vorherrschend sind unter denselben dichte, splittrige, Granatfelse, von braunrother Farbe, welche sehr reich an Hohlräumen sind, auf denen Granat, Chlorit, Diopsid und Magneteisen in wohlausgebildeten Krystallen sitzen. Der Granat ist auch hier wieder ein Kalkgranat, mit wenig Eisenoxydul und frei von Magnesia; der Chlorit zeigt positive Doppelbrechung und einen sehr wechselnden Axenwinkel. Diese Mineralaggregate durchziehen in unzähligen grösseren Gängen und kleinen Adern die Masse des Serpentins, wobei sich im Grossen eine gewisse gesetzmässige Anordnung in Zonen parallel zur Grenzfläche des Serpentins erkennen lässt, während im Kleinen die einzelnen Gänge und Adern keine bestimmte Richtung zeigen. Zum Theil sind diese Granatgänge scharf von der umgebenden Serpentinmasse geschieden, weitaus in den meisten Fällen aber ist dies nicht der Fall, sondern vielmehr ist dann das umgebende Gestein weithin gleichfalls „granatisirt" und die mikroskopische Untersuchung von Präparaten derartiger Stücke lässt den ganzen Process der Umbildung in schönster Weise verfolgen, einer Umbildung, welche ganz analog zu der an dem Granatfels vom Hackbrettl beobachteten ist. Auch hier finden sich in dem derben Granat häufig noch Reste und körnige Aggregate von Diallag, welcher makroskopisch schwarz und metallisirend erscheint, unter dem Mikroskop ein faseriges Aussehen besitzt, meist verbogen und geknickt ist und von Neubildungen durchzogen erscheint, welche sich zum Theil auf den Spaltrissen ansiedeln, zum Theil in Adern durch die Krystalle hindurchsetzen und endlich auch von den Grenzen der einzelnen Körner in diese sich hineinziehen. Diese Neubildungen bestehen aus feinkörnigem Granat und Chlorit, welche sich in gesetzmässiger Weise || der Absonderung des Diallags ablagern und häufig von Schnüren opaker Erze begleitet werden; wenn die Umbildung in das Gemenge von Granat und Chlorit vollendet ist, so erkennt man noch mit grosser Deutlichkeit die Faserung des ursprünglichen Minerals mit all ihren Stauchungen und Knickungen, bei vorherrschendem Granat durch die parallele Lagerung der Chloritblättchen, bei vorherrschendem Chlorit durch Schnüre von Granatkörnern angedeutet. Der Granat, welcher diese Pseudomorphosen bildet, ist stets sehr feinkörnig und erscheint in Folge der eingelagerten Chloritblättchen trübe, hin und wieder finden sich mit demselben auch grössere Körner von Epidot und Diopsid. Durchsetzt wird nun dieses pseudomorphe Gestein von den Adern und Gängen, welche zumeist

gröber krystallinischen Granat, der klar durchsichtig und sehr schwach doppelbrechend ist, sowie Chlorit, Diopsid, Magnetit, Epidot und Calcit führen und mehr oder weniger scharf gegen die Hauptmasse abgegrenzt sind; es finden sich auch lappige Erzpartieen mit einer Umrandung von Titanit auf diesen Adern. Dieselben durchsetzen und verwerfen sich häufig, quellen hin und wieder zu ziemlich bedeutender Mächtigkeit auf und sind dann meist innen mit schönen Krystallen ausgekleidet; sie verlieren sich im feinsten, erst im Mikroskop sichtbaren Geäder, fast überall auf das Nebengestein die umwandelnde Wirkung hervorbringend. Und ebenso wie diese Granatfelse sind auch die seltener vorkommenden Vesuvianfelse ausgebildet, welche aber nur in den Blöcken aufgelesen werden konnten. Der Vesuvian derselben ist bald mehr, bald weniger feinkörnig und zeigt wieder die eigenthümlichen Polarisationsfarben niederster Ordnung; die grösseren Krystalle von Vesuvian sind zonar aufgebaut und umschliessen Blättchen von Chlorit, sowie Granat. Ganz in derselben Weise wie beim Granatfels sind die Gesteine, welche diese Vesuvianadern begrenzen, verändert. Die Hauptmasse des Gesteins ist ein feinkörniges Gemenge von Vesuvian mit Chlorit, häufig auch mit Diopsid, in welchem in der Umwandlung begriffene Krystalle von Diallag, sowie deutlich erkennbare Pseudomorphosen vorhanden sind. Es finden sich in diesen Gesteinen hin und wieder als jüngste Bildungen Adern von Granat.

Die zweite Gruppe von Vorkommnissen, welche in dem Serpentin der Schwarzen Wand beobachtet wurden, findet sich mehr in Form von Putzen, welche bedeutend grössere Mächtigkeit besitzen als die eben beschriebenen Adern; aber wie in diesen der Uebergang des normalen Serpentins in die Mineralcombination der Adern und Gänge kein plötzlicher ist, sondern vielmehr von letzteren ausgehend, eine allgemeine Umwandlung des Gesteines sich bemerkbar macht, deren Endproducte an Stelle des Antigorits stets Chlorit mit Granat, Vesuvian etc. sind, so ist es auch hier. Die Gesteine dieser Putzen grenzen nicht scharf an Serpentin ab, obschon es makroskopisch manchmal den Anschein hat; vielmehr bestehen die umgebenden Gesteine auch hier in der Hauptsache aus Chlorit, zu welchem sich Epidot, Diopsid, Vesuvian gesellen. Was die Mineralcombination dieser Gebilde betrifft, so ist das eine mächtigere ausgezeichnet durch die Paragenesis von Diopsid, Epidot, Magnetit und braunem Kalkgranat, das andere führt vorherrschend Vesuvian mit rothem Kalkgranat; die Gesteine des ersten Vorkommnisses sind ziemlich artenreich, und hier finden sich auf Hohlräumen, sowie auf den Klüften in grosser Menge dieselben Mineralien, welche das Gestein zusammensetzen, in den schönsten und flächenreichsten Krystallen, während in den andern wenig Abwechslung zu beobachten ist und auch weniger zahlreich krystallisirte Mineralien auftreten. An der zuerst erwähnten Stelle finden sich einestheils körnige Epidotfelse, welche fast nur aus Epidot bestehen, dann dichte Gemenge von Epidot mit dem braunen Granat, zu welchen noch Diopsid tritt, der in andern Stücken in grobstengeligen Partieen überwiegt. Dazu kommt namentlich gegen den Serpentin zu Chlorit. Wo opake Erze vorhanden sind, werden dieselben oft von einem breiten Rand von körnigem Titanit umgeben, welcher auch für sich hin und



wieder in scharfen Krystallen im Gestein vorhanden ist. Diese verschiedenen Varietäten werden nun durchsetzt von einer grossen Anzahl von wirr durcheinanderlaufenden Gängen und Adern, auf welchen sich die im Gestein vorhandenen Mineralien, zu denen noch Vesuvian tritt, in Krystallen oder körnigen und stengeligen Aggregaten finden. Besonders interessant ist das Vorkommen derartiger aus Granat bestehender Adern, da auf diesen fast stets zwei verschiedene Granatmineralien in einander gewachsen sind. Einestheils der gewöhnliche braune Granat, welcher auch an der Zusammensetzung des Gesteines theilnimmt, und sodann ein im Dünnschliff farbloser Topazolith. Der erstere tritt in unregelmässigen Körnern auf und bildet eine Art Grundmasse, welche optisch sehr annähernd isotrop ist, und in welcher die scharf ausgebildeten, mit deutlicher Feldertheilung versehenen Topazolithe liegen, die auch häufig Perimorphosen bilden.

Die Ausbildung der beiden Arten von Vorkommnissen in diesem Serpentin ist somit sehr ähnlich, und wie die im Folgenden beschriebenen Vorkommnisse zeigen, finden sich alle möglichen Zwischenglieder zwischen den gangförmigen und den putzenförmigen Bestandmassen, so dass man gezwungen ist, beide als einander sehr nahestehend zu betrachten.

D. Die Vorkommnisse des Zillerthales.

Von den Serpentinen des Zillerthals wurden, wie schon oben bemerkt, das Vorkommniss vom Rothenkopf-Ochsner, dann dasjenige vom Greiner, beide in Seitenthälern des Zemmgrundes, sowie ein weniger mächtiges, welches am Furtschagl im Schlegeisgrund ansteht, in den Kreis der Untersuchung gezogen. Die drei Vorkommnisse liegen im Gneiss; es sind also hier wieder nur wenig weitgehende contactmetamorphische Umwandlungen zu erwarten, und es sind auch am Contact derselben mit Ausnahme der Umbildung einiger Schichten in Talkschiefer und ähnlicher Modificationen des Gneisses, wie sie vom Rettenkopf im Stubachthal beschrieben wurden, keine Mineralneubildungen erfolgt, welche man auf eine Einwirkung des Muttergesteins der Serpentine auf den Gneiss zurückführen könnte. Dagegen zeigen sich einestheils die Grenzzonen des Serpentins selbst gegen den Gneiss zu merkwürdig ausgebildet, und es finden sich vor Allem an dem Vorkommniss vom Rothenkopf Mineralneubildungen in grosser Menge und mannigfaltiger Combination, welche mit den verschiedenen Vorkommnissen aus der Scharn die grösste Aehnlichkeit besitzen und nur in viel grösserer Zahl und artenreicherer Ausbildung auftreten. Auch hier sind diese die Fundstätten einer grossen Anzahl zum Theil vorzüglich krystallisirter Mineralien, welche in allen Sammlungen vorhanden sind. Der Serpentin am Rothenkopf bildet wieder eine der schönsten Minerallagerstätten der Alpen. Verschieden gefärbte Varietäten von Granat und Epidot, Diopsid und Vesuvian, Titanit und Magnetit stammen aus

den gang- und aderförmigen Vorkommnissen, welche den Rothenkopf in allen Richtungen durchsetzen.

Der Bedeutendste von den drei Serpentinen ist derjenige, welcher die schroffen, kahlen Felsköpfe des Rothenkopf und Ochsner aufbaut, von denen namentlich der Rothenkopf in seiner Form und in den wilden Blockhalden, welche seinen Fuss umgeben, als typisch für die Art des Auftretens von Serpentin im Hochgebirge angesehen werden kann. Die Serpentinmasse ist nicht einheitlich, sie wird zunächst durch eine wenig mächtige Gneisszone in zwei Theile getheilt, von welchen der eine zum grössten Theil den Rothenkopf, der andere den Ochsner bildet. Fernerhin sind noch einige kleine, im Aufschluss linsenförmige Partieen von der Hauptmasse abgetrennt, so namentlich ein kleiner Felskopf, welcher zwischen dem „schwarzen See“ und dem Feldkopf ansteht. Da indessen diese insgesammt örtlich so nahe mit einander verbunden sind, werden sie am besten, trotz einiger Abweichungen in den Einzelheiten, zusammen behandelt. Die Gesteine des Rothenkopf und Ochsner sind in ihrer gewöhnlichen Ausbildung normale Antigoritserpentine von massigem Aussehen und splittrigem Bruch, schiefrige Varietäten treten hier in den Hintergrund. Unter dem Mikroskop erkennt man in diesen Gesteinen manchmal Reste von trübem Olivin, welcher von Antigorittafeln zerfetzt ist, ganz wie in den Vorkommnissen vom Stubachthal. Hin und wieder nimmt neben Antigorit noch Talk an der Zusammensetzung des Gesteins theil, wobei sich dann durch die Art der Ablagerung der Erze gerne eine Art Maschenstructur herausbildet; in solchen Gesteinen erscheint der Antigorit in radialstrahligen Aggregaten und man findet in denselben ziemlich viel Dolomit, sowie Pyrit, ersteren in Körnern, letzteren in Haufwerken wohlausgebildeter Krystalle. Auch Tremolit ist nicht selten und wohl stets als secundäres Product aufzufassen; er findet sich in grösseren Prismen, welche sich auch gerne zu Aggregaten vereinigen, die unregelmässig radiale Structur haben. Magnetit ist natürlich überall vorhanden, er häuft sich stellenweise auch zu grösseren Partieen an. Besonders erwähnenswerth sind einige Varietäten des Gesteins vom Ochsner,[1]) da in diesen mehr oder minder frisch der ursprüngliche Bestand erhalten ist. Dieselben haben makroskopisch ein gabbroartiges Aussehen, schwarze, oft metallartig glänzende Tafeln von Diallag liegen in einer grünlichweissen bis grünen, meist ziemlich dichten Grundmasse. Unter dem Mikroskop erscheint das Gestein zusammengesetzt aus Olivin und Diallag, Antigorit und Tremolit, zu welchen noch verschiedene Erze kommen. Der Erhaltungszustand dieser ausserordentlich harten, compacten Gesteine ist kein so guter wie bei den Vorkommnissen des Stubachthals. Die Zersetzung hat hier den Olivin schon stark verändert und meist zu einem Haufwerk trüber Körner zerlegt, auf deren Zugehörigkeit zu diesem Mineral aus dem Verhalten gegen Säuren und aus der Aehnlichkeit mit nachweislichen Resten von Olivin in den oben beschriebenen Gesteinen geschlossen wurde; selten fanden sich auch hier noch deutlich erkennbare Olivinkörner, in welchen dann allenthalben die regelmässige

1) Vergl. Hussak, Ueber einige alpine Serpentine. (Tscherm. min. petr. Mitth. 1883, 5, 75—76.)



Verwachsung mit Antigorit auffällt, welch letztere aber auch an den trüben Resten noch überall zu beobachten ist; besonders massenhaft findet sich Tremolit theils in grösseren Krystallen, theils in wirren Aggregaten als Neubildung aus Olivin. Der Diallag ist ungewöhnlich reich an opaken, mehr oder weniger regelmässigen, stäbchenförmigen Einschlüssen, welche zumeist in solcher Menge vorhanden sind, dass es schwer hält, das Mineral überhaupt durchsichtig zu machen. Der Diallag ist wie überall widerstandsfähiger gegen die Umbildung zu Serpentin als der Olivin, und er ist desshalb häufig noch erhalten, wenn vom Olivin keine Spur mehr vorhanden ist. Doch fällt auch er dem Process der Serpentinisirung anheim, und es hat an einzelnen Stellen den Anschein, als ob aus demselben in diesen Gesteinen gleichfalls regelmässig struirte Aggregate von Antigorit entstehen würden. Chlorit in grösseren, pleochroitischen Täfelchen bildet ein häufiges Nebenproduct bei der Umwandlung dieser Gesteine in Serpentin, und opake Erze finden sich in ziemlicher Menge in den frischen, wie in den veränderten Gesteinen. Zu bemerken ist noch, dass auch hier bei der Serpentinisirung eine Art von Maserung entsteht, hervorgebracht durch wechselnde Zonen mehr oder weniger zersetzter Partieen.

Die Contactverhältnisse der Serpentine am Rothenkopf und Ochsner lassen sich an verschiedenen Stellen studiren, besonders gut zugänglich sind sie am Ochsner. Man beobachtet dort, dass sich der Serpentin gegen den Contact zu in der Weise verändert, dass er in einen gleichfalls jede Andeutung einer Schieferung entbehrenden Chloritfels übergeht, in welchem ein parallel mit der Contactfläche gehendes, 2—4 cm breites Band mit vielen, grossen, quergestellten Tremolitprismen vorhanden ist. Jenseits dieses Bandes ist das Gestein wieder compacter Chloritfels mit wenigen, viel feineren Nadeln von Tremolit, und 2—3 cm weiter geht es in grobblätterigen Chlorit über, dessen etwa 1 cm breite Blätter senkrecht auf der darunter folgenden Schichtfläche des Gneisses stehen. Der Gneiss zeigt ähnliche Veränderungen wie am Rettenkopf, er ist vor Allem ungemein epidotreich geworden und stellt zum Theil einen körnigen Epidotfels dar. Aehnlich ist auch der Contact an andern Stellen ausgebildet, und überall ist der Uebergang des Serpentins in den Tremolit-führenden Chloritfels und endlich in die Lage von grobschuppigem Chlorit nachzuweisen. Die benachbarten Schichten der Schiefergesteine aber sind an den verschiedenen Stellen etwas abweichend beschaffen, indem bald Fuchsit-führende Gneisse, bald epidotreiche Amphibolite oder reine Hornblendegesteine auftreten, in welchen ausser grüner Hornblende nur noch Titanit nachzuweisen ist. Ein Uebergang zwischen den Bildungen der Grenzzonen des Serpentins und den Schiefern ist aber nirgends vorhanden; die Grenze ist stets vollständig scharf und wohl charakterisirt.

Von ganz besonderem Interesse ist das Vorkommen von Mineralneubildungen im Serpentin des Rothenkopf und Ochsner selbst; wie schon bemerkt, treten diese in Form von Gängen auf, welche im Allgemeinen weder im Streichen noch im Fallen eine bestimmte Regel erkennen lassen, welche oft bei sehr geringer Mächtigkeit hunderte von Metern weit zu verfolgen sind, und die an anderen Stellen wieder mehr die Form

von Putzen oder Zapfen besitzen. Sie finden sich zum Theil in einzelnen, meist bedeutenden Vorkommnissen den Serpentin durchsetzend, bald bilden sie namentlich in den Grenzzonen des Serpentins wirre Netzwerke feiner Adern in dem dort in Chloritfels übergehenden Gestein. Und überall enthalten diese Gänge zahlreiche Hohlräume, auf welchen die Mineralien, welche dieselben zusammensetzen, sich in prächtigen Krystalldrusen ausgebildet haben, welche diesen Fundort seit lange bei den Mineralogen so sehr berühmt gemacht haben. Alle die schön krystallisirten Vorkommnisse von Epidot, Vesuvian, Granat, Diopsid, Magnetit, Titanit etc., welche unter der Bezeichnung Rothenkopf, Ochsner, Schwarzenstein, Schwarzensteinalpe u. s. w. in den Sammlungen verbreitet sind, stammen aus diesen Gängen. Ebenso wie dies bei den Vorkommnissen aus der Scharn beschrieben wurde, ist hier häufig, namentlich an den mächtigeren Gängen, eine Art Schichtung zu erkennen, welche im Allgemeinen parallel mit den Salbändern verläuft. Diese abweichend ausgebildeten Mineralcombinationen setzen zumeist nicht scharf gegen den Serpentin ab, sondern verlaufen mehr allmählich in denselben oder vielmehr in den seine Stelle vertretenden Chloritfels. Es bilden sich ferner auch hier an Stelle des Serpentins wieder die harten, dichten, splittrigen Gesteine aus, ohne dass es aber gelungen wäre, hier die allmähliche Umwandlung des ursprünglichen Gesteins in das secundäre Silicatgemenge zu verfolgen. Zu unterscheiden sind bei diesen Vorkommnissen verschiedene Typen, welche hauptsächlich durch ihre mineralische Zusammensetzung zu trennen sind. Zunächst finden sich solche, welche aus vorherrschendem braunrothem Kalkgranat mit untergeordnetem Chlorit bestehen, welche ganz analog wie die entsprechenden Bildungen aus der Scharn ein weitverzweigtes Adersystem mit auf Drusen ausgebildeten Krystallen darstellen, in deren Umgebung häufig das Hauptgestein in dichten, braunrothen Granat umgewandelt erscheint. Es finden sich ferner Gänge, deren hauptsächlichster Bestandtheil ein optisch positiver Chlorit mit stets sehr kleinem Axenwinkel ist, welcher zum Theil in handgrossen Blättern für sich allein als Ausfüllung auftritt, bald mehr oder minder dichte, schuppige Chloritfelse bildet, in welchen Titanit in grösseren oder kleineren Individuen, grosse Oktaëder von Magnetit, sowie kleine Titaneisentafeln auftreten. Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass der kräftig pleochroitische Chlorit ein wirrschuppiges Aggregat bildet, in welches massenhaft Haufwerke von Titanit und Tafeln von Titaneisen eingestreut sind. Die selteneren grossen Magnetitkrystalle haben eine sehr charakteristische schmale Randzone von körnigem Titanit, um welche eine weitere Zone parallel gelagerter grösserer Blättchen von Chlorit folgt. Weitaus die meisten dieser Bildungen aber bestehen wie die entsprechenden Vorkommnisse der Scharn aus einem dichten, regellosen Aggregat von braunem Granat, Diopsid, Epidot und Chlorit, zu welchen Calcit und etwas seltener Vesuvian tritt; auch Titanit und Magnetit finden sich in denselben. Die Gesteine, welche makroskopisch meist grünlichgraue bis gelbe Farben zeigen, sind sehr hart, compact und zähe, aber von zahlreichen Klüften durchsetzt, auf welchen dieselben Mineralien, vor allen Granat und Chlorit sich abgesetzt haben; diese Adern lassen sich im Dünnschliff in die feinsten Verästelungen verfolgen



und sind dort, wo sie anschwellen und Hohlräume aufweisen, vor Allem die Träger der krystallisirten Mineralien. Stellenweise gehen aus diesen gemengten Gebilden wieder die charakteristischen dichten, hornsteinähnlichen Mineralaggregate hervor, welche mehrfach erwähnt wurden. Es finden sich hier in dieser Ausbildung Diopsid und farbloser Granat, vermuthlich Grossular. Makroskopisch sind beide sehr ähnlich, beide grün und weiss geflammt, aber während der Bruch des Diopsids mehr nephritartig ist, bricht der dichte Granat rein muschlig mit pechglänzender Oberfläche. Unter dem Mikroskop erscheint der erstere als dichtes, schwer entwirrbares Aggregat von Diopsidkörnern, welches in allen Richtungen von Adern des farblosen Granats durchzogen wird; der dichte Granat besteht zum Theil aus einem trüben, körnigen Aggregat, zum Theil aus einem Haufwerk ziemlich gut begrenzter rhombendodekaëdrischer Krystalle, welche schwache, anomale Doppelbrechung zeigen; zwischen denselben ist hin und wieder ein saftgrün gefärbtes Granatmineral ohne Doppelbrechung, vermuthlich ein Chromgranat, zu beobachten, ausserdem finden sich überall Flecken und Schnüre von dichtem Diopsid.

Was Aussehen und Ausbildung der einzelnen Mineralien der körnigen Vorkommnisse betrifft, so kann man verschiedene Varietäten unterscheiden. Der Granat findet sich rothbraun für sich allein, nelkenbraun in den meisten der gemengten Vorkommnisse, während lichtrother Granat auf die Gesellschaft des bekannten rothen Epidot, welcher sich zwischen Rothenkopf und Ochsner findet, beschränkt erscheint; farblosen Grossular kenne ich nur aus den eben beschriebenen dichten Aggregaten. Der Epidot, welcher makroskopisch bald roth, bald bräunlichgelb oder grün erscheint, ist im Dünnschliff stets sehr licht gefärbt und hat nur selten deutlichen Pleochroismus; stets farblos sind u. d. M. Diopsid und Vesuvian. Im Anschluss an diese Mineralaggregate muss ich noch auf das häufige gangförmige Vorkommen von Hornblendeasbest und Tremolit hinweisen, von welchen ersterer meist in langen parallelfaserigen Aggregaten von schneeweisser Farbe auftritt, während letzterer wirrstrahlige, mehr compacte Gesteine bildet. Beide sind besonders reichlich an der kleinen linsenförmigen Masse zu beobachten, welche zwischen dem Feldkopf und dem Schwarzen See ansteht und von der Hauptmasse abgeschnürt ist. Besonderer Beschreibung werth ist ein ferneres hiehergehöriges Vorkommniss, da dies weder mit den sonstigen im Verband mit den Serpentinen auftretenden Gesteinen Aehnlichkeit hat, noch auch irgend etwas Analoges in den übrigen von mir besuchten Theilen der Centralalpen aufgefunden werden konnte. Es besteht aus einem Gemenge von zahlreichen, oft zollgrossen Krystallen von Apatit, welche in einer Grundmasse von schuppigem Biotit liegen, wozu noch kleine Körner von Sphen kommen. Das gangförmige Auftreten dieses Apatit-führenden Glimmerfelses im Serpentin des Rothenkopfs lässt sich sehr gut beobachten, es gehört dasselbe also wohl genetisch zu den vorher beschriebenen Silicataggregaten. Ich möchte hier noch darauf hinweisen, dass der Molybdänit[1]) am Rothenkopf vermuthlich ebenfalls in den gangförmigen Silicataggregaten auftritt.

1) A. Model, Molybdänverbindungen im Serpentin des Rothenkopfs, Zillerthal. Tscherm. min. petr. Mitth. 1892, **13**, 532.

Das zweite Vorkommen von Serpentin, welches uns hier beschäftigt, steht am Absturz des Greiners gegen den Zemmgrund an, und auch dieses ist wegen seines Mineralreichthums seit lange in der Literatur bekannt. Die Verhältnisse dieses Vorkommnisses zu den umgebenden Schichten des Gneisses sind vorzüglich aufgeschlossen, und man macht auch hier die Bemerkung, dass der Serpentin mit den mannigfachen Neubildungen, welche ihn begleiten, überall scharf von dem Gneiss getrennt ist, und dass durchaus keine Uebergänge zwischen beiden vorhanden sind, wie Reuss[1]) in seiner Beschreibung dieses Vorkommnisses angibt, von welcher diese irrige Anschauung in der Literatur sich weit verbreitet hat. Der Serpentin am Greiner ist ebenso wie der am Rothenkopf keine einheitliche Masse, sondern durch Schichten von Amphibolit in zwei Hauptmassen zertheilt. Das Gestein ist in seiner normalen Ausbildung ein Antigoritserpentin, welcher häufig von Gängen mit Antigorit, Pikrosmin und Hornblendeasbest durchzogen ist. Auch sonst finden sich Bildungen, welche denselben gangförmig durchsetzen, einestheils von Talk, anderntheils von dichtem Chloritfels, während die am Rothenkopf so wohlausgebildeten Vorkommnisse mit krystallisirten Silicaten hier nicht beobachtet wurden. Von Interesse sind die Contactverhältnisse, welche sehr gut zu studiren sind. Der Serpentin, welcher in seiner Hauptmasse ein festes, hartes Gestein ohne eine Spur von Parallelstructur darstellt, wird zunächst etwas schalig und chloritreich und geht dann durch allmähliche Aufnahme von Talk in Topfstein über, welcher in grosser Menge Rhomboëder von Breunerit enthält: weiter gegen die Grenze hin tritt letzterer wieder zurück, an seiner Stelle kommt Strahlstein hinzu, dessen langprismatische Krystalle zunächst richtungslos in dem dichten Talk liegen. Am Contact selbst herrscht der Strahlstein über den Talk, und es stellen sich hier die bis 15 cm langen Nadeln desselben parallel zu einander und senkrecht zur Contactfläche; diese Zone wird durch ein schmales Band von grobschuppigem Chlorit scharf von dem zunächst folgenden Gneiss geschieden. Der letztere ist zunächst am Contact in derselben Weise modificirt, wie schon öfter beschrieben, die Hauptmasse des Gesteins besteht aus einem dichten Aggregat von Epidot, Strahlstein und Chlorit, in welchem Blättchen von dunklem Glimmer sowie von Fuchsit in Nestern beisammen liegen. Oft bilden sich auch zwischen den Schichten des Gneisses Knollen aus, welche aus vorherrschendem Fuchsit bestehen und makroskopisch dicht und dunkelgrün erscheinen. Diese letzteren sind oft von grossschuppigen Lagen von Biotit durchzogen. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass diese Knollen stellenweise aus fast reinem wirrschuppigem Fuchsit mit deutlichem Pleochroismus ($\mathfrak{a}$ blaugrün, $\mathfrak{c}$ grün) bestehen; zumeist aber ist derselbe gemengt mit dem ziemlich licht gefärbten Biotit, welcher überall in verhältnissmässig grossen, deutlich umgrenzten Krystallen vorhanden ist. Dazu kommen kleine Prismen von Turmalin in ziemlicher Menge ($\mathfrak{a}$ lichtgelblich braun, $\mathfrak{c}$ dunkelgrün), sowie an einzelnen Stellen ein feinkörniges Aggregat von Quarz und Feldspath. Ausser diesen Gesteinen finden

1) Reuss, Geognostische Beobachtungen etc. Neues Jahrb. f. Mineral. etc. 1840, 135.

sich im Gneiss Schichten von Fuchsit-führendem Strahlsteinschiefer, alles Bildungen, welche auch sonst in den Contactzonen der verschiedenen Serpentine vorkommen und mit wenigen Ausnahmen auf diese beschränkt sind.

Von den abweichenden Ausbildungsformen des Serpentins selbst, welche gegen den Contact zu beobachtet werden, sind zunächst die Vorkommnisse von Topfstein, in der Literatur stets als Talkschiefer bezeichnet, zu erwähnen. Dass es keine Talkschiefer sind, welche hier den in allen Sammlungen verbreiteten Strahlstein, sowie den Breunerit führen, wird schon durch das Vorkommen der direct am Contact geschlagenen Stücke dieser Art erwiesen, wo die annähernd parallelen 10—15 cm langen Nadeln von Strahlstein in dichten Bündeln senkrecht auf der Schichtfläche stehen, Verhältnisse, welche bei einem Schiefer doch sehr merkwürdig wären. Die Breuneritrhomboëder, welche ziemliche Grösse erreichen, gehen auch noch aus dem Topfstein in den durch Uebergänge mit diesem verbundenen schaligen Chloritfels über, wo sie häufig mit einer Rinde von Talk umgeben sind, fehlen aber dem normalen Serpentin.

Ueber die gangförmigen Vorkommnisse ist nur wenig zu sagen, einestheils finden sich, wie schon erwähnt, die verschiedenen mehr oder minder parallelschuppigen Aggregate von Serpentin, welche man als Pikrosmin, Antigorit etc. zu bezeichnen pflegt, in dieser Form, ebenso der bei den alpinen Serpentinen so weit verbreitete Hornblendeasbest. Ein weiteres Vorkommniss dieser Art bildet ein ziemlich dichtschuppiger Chloritfels mit grossen Magnetitkrystallen und kleinen Tafeln von Titaneisen; der Titanit tritt hier aber ganz in den Hintergrund, dagegen kommt etwas Apatit in diesen Gesteinen vor. Die Gänge von Talk endlich, an deren Rändern der Serpentin meist in Topfstein umgewandelt ist, bilden die bekannten schaligen Aggregate von lichtgrüner Farbe, in welchen hin und wieder grosse, prismatisch ausgebildete Krystalle von Apatit (Spargelstein), sowie grosse Linsen von Dolomit auftreten.

Das dritte Serpentinvorkommniss im Zillerthal, welches ich besuchte, ist von geringerer Wichtigkeit. Dasselbe findet sich am Furtschagl im hintern Schlegeisgrund und ist viel weniger mächtig als die beiden anderen. Das Gestein desselben ist echter Antigoritserpentin, zum Theil ziemlich reich an rhomboëdrischen Carbonaten, auch hier finden sich sowohl die Talk- als die Chloritbildungen auf Gängen. Der Talk bildet ebenso lichtgrüne, schalige Aggregate wie bei dem Vorkommen am Greiner; in den Chloritfelsen finden sich wieder Magneteisenkrystalle, an welchen Cathrein (l. c.) die Verwachsung mit Ilmenit nachgewiesen hat, und Tafeln von Titaneisen in einer feinschuppigen Grundmasse, ausserdem beobachtet man in denselben Pseudomorphosen von Chlorit nach einem prismatisch ausgebildeten, radialstrahligen Mineral, welches wohl Strahlstein war. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass der Chlorit dieser Pseudomorphosen sehr grobschuppig ist, er hat deutlichen Pleochroismus, einen meist kleinen, aber wechselnden Axenwinkel und lässt in Schnitten senkrecht zur Basis Zwillingslamellirung erkennen. Die Verhältnisse am Contact sind hier weniger deutlich, es finden sich an solchen Punkten theils reine Talkschiefer, theils Gemenge von Talk mit Dolomit in schiefriger Form, welche vielleicht aus dem Nebengestein durch Um-

wandlung entstanden sind, aber ebenso gut als zum Serpentin gehörig angesehen werden können.

Anhangsweise möchte ich hier bemerken, dass die Vorkommnisse von grossen Magnetitkrystallen im „Chloritschiefer" von der Lovitzer Alp, welche in den meisten Sammlungen vorhanden sind, gleichfalls dem Serpentingebiet angehören, und dass die Gesteine daher gleichfalls den Chloritfelsen zuzurechnen sind. Anstehend finden sie sich an der Rothwand im Pfitschergründl oberhalb der Lovitzer Alp. Der Serpentin von diesem Fundort ist normaler Antigoritserpentin.

E. Das Vorkommen im Pfitscher Thal.

Das letzte Vorkommniss von Serpentin, welches uns hier beschäftigt, findet sich in dem beim Weiler Burgum nach Süden abzweigenden Seitenthal des Pfitscher Thals unweit der „Burgumer Alpe" und zieht sich vom Burgumer Berg bis an den Fuss der Wildkreuzspitze hin. Wenn man von der Burgumer Alpe her aufsteigt, gelangt man unmittelbar an der „Sterzinger Hütte" an das Meer von Blöcken dieses Serpentins, welche übereinander gestürzt ein mächtiges Gemäuer aufbauen, das den Eindruck macht, als wäre der ganze Berg in sich zusammengeborsten und in Trümmer zerschellt. Nicht häufig ist in diesem Chaos anstehendes Gestein zu entdecken, und es erscheint bei den riesigen Dimensionen, welche die Felsblöcke hier theilweise zeigen, oft schwer, das Anstehende von dem Abgestürzten zu unterscheiden. Wegen dieser auf allen Seiten vorhandenen Blockmassen sind auch die Contactverhältnisse dieses Serpentins nirgends zu verfolgen, obgleich die Gesteine, in welchen derselbe eingelagert ist, Kalkglimmerschiefer und Chloritschiefer, das Vorhandensein von Contactbildungen wahrscheinlich machen. Dagegen finden sich im Serpentin selbst ausserordentlich mannigfaltige Neubildungen in grösster Menge, so dass dieses Vorkommen seit langem als einer der reichsten Mineralfundorte berühmt ist, und die verschiedenen krystallisirten Mineralien, welche im Serpentin der Burgumer Alp[1]) sich ausgebildet haben, gehören zu den Prunkstücken mineralogischer Sammlungen. Was das Vorkommen betrifft, so sprechen die Angaben, welche in der Literatur über diese Lagerstätte verbreitet sind, von dem Auftreten der verschiedenen Mineralien in Chloritschiefer, theilweise auch in Dioritschiefer etc., womit dieselbe absolut nicht in Zusammenhang gebracht werden kann. Es ist ja allerdings richtig, dass ungewöhnlich häufig unter den hieher gehörigen Gesteinen gebänderte und selbst schiefrige Varietäten vorhanden sind, wie es überhaupt den Anschein hat, als ob der Aufschluss nur die äussersten Zonen des Serpentins erreicht hätte, wo wir fast überall derartige Bildungen finden; es ist ferner richtig, dass in den Gesteinsproben, welche die krystallisirten Mineralien

1) Die Mineralien gehen unter den verschiedensten Fundortbezeichnungen, wie Porgumer Alpe, Wildkreuzspitze, Wildkreuzjoch etc., es scheint jedoch die oben angenommene Bezeichung die richtigste zu sein.



tragen, und welche bis jetzt einzig als der Untersuchung für werth erachtet wurden, Chlorit eine sehr bedeutende Rolle spielt, wie überall in der ganzen Reihe der besprochenen Serpentinvorkommnisse, wo von den Mineral-führenden Gängen und Adern aus weitgehende chemische Umwandlungen des ganzen Gesteins zu beobachten sind. Aber schon die makroskopische Betrachtung dieser meist schweren, compacten Gesteine und in noch höherem Maasse die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass dieselben einem Chloritschiefer vollständig fremd gegenüberstehen, dass es sich vielmehr hier um echte „metamorphische“ Bildungen handelt, nicht etwa der Art, wie man sie in der ganzen Reihe der krystallinen Schiefer vor sich zu haben glaubt, bei deren Entstehung stets mehr oder weniger theoretische Agentien angenommen werden müssen. sondern vielmehr metamorphische Bildungen, bei welchen der Grund der Metamorphose stets klar zu verfolgen ist, und wobei die Processe, welche zur Bildung der Mineralien auf den Klüften geführt haben, die Ursache dieser weitgehenden Umwandlungen sind. Und dass diese Gesteine sei es durch Umbildung des Serpentins, sei es ohne dieses Zwischenglied durch directe Umänderung des urprünglichen Peridotits hervorgegangen sind, das zeigt die Untersuchung an Ort und Stelle aufs Klarste. Die Lagerstätte der Mineralien auf der Burgumer Alp ist ebenso eng mit dem Serpentin verknüpft und in derselben Weise ausgebildet, wie diejenigen am Rothenkopf im Zillerthal oder an der Schwarzen Wand in der Scharn, nur dass in letzteren die gangförmigen Mineralneubildungen und die Umbildungen des ganzen Gesteins zu den verschiedenen Silicatgemengen verhältnissmässig vereinzelt auftreten, während dagegen das Vorkommen derselben auf der Burgumer Alp ein so massenhaftes und die Einwirkung auf die Gesteine so intensiv ist, dass man manchmal erst bei genauer Beobachtung den Zusammenhang mit dem Serpentingestein findet und bei den Untersuchungen, welche nur am Handstück und im Laboratorium angestellt werden, zu vollständig unrichtigen Resultaten gelangt.

Der Serpentin selbst ist hier wie überall in den betrachteten Vorkommnissen aus den Centralalpen in der Hauptsache Antigoritserpentin, welcher zum Theil massige Ausbildung besitzt und dann wie gewöhnlich ein dunkelgrünes, zähes Gestein darstellt. Doch sind hier schiefrige und schalige Varietäten mehr verbreitet, welche meist lichter gefärbt sind und unter dem Einfluss der Atmosphärilien zu einem schaligen Grus zerfallen. Stellenweise findet man auch auf diesen verwitternden Gesteinen hervorragende Zapfen, welche eine Art Flaserung hervorbringen und Reste des ursprünglichen Augits sind. Unter dem Mikroskop erkennt man bald sehr feinschuppige, bald gröberschuppige Aggregate von Antigorit in normaler Ausbildung, manchmal gemengt mit Talk und durchspickt von kleinen Tremolitnadeln, dazu kommen noch überall zerfetzte Partieen und kleine Krystalle schwarzer Erze. Wo noch Reste von Augit vorhanden sind, enthalten dieselben häufig die parallelorientirten, opaken Einschlüsse auf den stets wohl erkennbaren Spaltflächen und sind randlich zerfetzt und angefressen; trübe, körnige Partieen, welche verhältnissmässig selten sind, gleichen in ihrem Aussehen den letzten Ueberbleibseln von Olivin, wie sie in anderen Gesteinen vorhanden sind. Neben dieser

normalen Ausbildung von Antigoritserpentin finden sich hier auch gefleckte Gesteine, welche unter dem Mikroskop Partieen von Chrysotil mit Maschenstructur und Olivinkörnern erkennen lassen, wie sie typischer kaum bekannt sein dürften. (Vergl. Fig. 5 auf Tafel II.) Man kann dann von der auf Rissen des Olivins beginnenden Bildung von Chrysotil bis zu der völligen Umwandlung des Minerals alle Stadien verfolgen. Zwischen diesen Partieen finden sich Schnüre von Antigoritserpentin, welcher meist feinschuppig ist und ein ziemlich regelloses Aggregat darstellt. Ob beide aus Olivin entstanden sind, oder ob der letztere aus Augit hervorging, ist in den Präparaten nicht zu erkennen, doch ist bei den stellenweise ziemlich bedeutenden Resten von Olivin in dem Chrysotilserpentin das erstere wahrscheinlich, zumal sich im Antigorit hin und wieder die trüben Körneraggregate finden.

Von ganz besonderem Interesse aber ist hier das Auftreten der Mineralneubildungen, welche an keinem der anderen Serpentine so massenhaft und in so mannigfaltiger Ausbildung vorhanden sind. Ich möchte zunächst betonen, dass dieselben sich auf mehr oder weniger breiten Adern und Klüften angesiedelt haben, von welchen aus in allen Fällen das Gestein sehr weitgehend umgewandelt wurde, und dass hier weder Adern im unveränderten Serpentin noch auch veränderter Serpentin ohne dieselben aufgefunden werden konnten. Die Mineralparagenesis ist hier die gleiche wie am Rothenkopf, nur dass Titanit und Apatit eine bedeutend grössere Rolle spielen und Zirkon neu hinzutritt. Ausser diesen Mineralien finden sich auf den Gängen und ebenso als Bestandtheile der Gesteine verschieden gefärbte Kalkgranaten, von welchen vor Allem ein makroskopisch schwarzer, im Dünnschliff tiefbraun durchsichtiger Melanit mit einem Gehalt an Titansäure ziemlich häufig vorkommt, sodann Chlorit, Vesuvian, Diopsid, Epidot, Calcit und Magnetit.

In allen Gesteinen ist Chlorit vorhanden, welcher in einem Theil der Vorkommnisse den Hauptbestandtheil bildet, während er in anderen wieder sehr in den Hintergrund tritt. Er kommt zumeist in grösseren Tafeln vor, welche kräftigen Pleochroismus besitzen, seltener in wirrschuppigen Aggregaten; auf den Klüften findet er sich oft in prachtvoll ausgebildeten Krystallen. Ausserordentlich intensiv sind an diesem Mineral die Wirkungen des Druckes, wodurch namentlich die grösseren Tafeln verstaucht, gebogen und gewunden erscheinen und nie einheitlich auslöschen. Dagegen konnte in keinem dieser umgewandelten Gesteine ein Mineral von den optischen Eigenschaften des Antigorits nachgewiesen werden. Nächst dem Chlorit die häufigsten Bestandtheile dieser Bildungen sind Granat und Vesuvian, welche aber nicht in allen Fällen mit wünschenswerther Sicherheit auseinandergehalten werden können. Der Vesuvian bildet, wo er als Gemengtheil der Gesteine auftritt, verhältnissmässig grosse, rundliche Partieen, welche im gewöhnlichen Licht einheitlich erscheinen, im polarisirten aber als Aggregate winziger Körner zu erkennen sind, welche undulös auslöschen, zum Theil Zonarstructur zeigen und gewöhnlich wieder die eigenartigen Polarisationsfarben geben. In Folge der unklaren Erscheinung der optischen Verhältnisse ist man oft in Zweifel, ob es sich in einem bestimmten Fall um Vesuvian oder Granat handelt, zumal der erstere



hier auch einen Stich ins Bräunliche besitzt. Etwas deutlicher ausgebildet ist der Vesuvian auf den Klüften, wo er in gedrungen prismatischen Krystallen vorkommt, welche einheitlich auslöschen; diese Krystalle sind fast stets zonar aufgebaut aus Schichten verschiedener Doppelbrechung, welche verschiedene der anomalen Interferenzfarben erkennen lassen, und sie geben im convergenten Licht ein verwaschenes Kreuz im gelben Gesichtsfeld.

Wo der Granat sicher vom Vesuvian zu unterscheiden ist, bleibt er zwischen gekreuzten Nicols stets dunkel und zeigt selbst bei Anwendung empfindlicher Blättchen keine Einwirkung. Auch dieses Mineral bildet stets ganz unregelmässig umgrenzte Partieen von licht- bis dunkelbrauner, selten grasgrüner Färbung, wobei man häufig eine lichte Randzone um einen dunklen Kern wahrnimmt, welch letzterer dieselbe unregelmässige Form hat wie das ganze Gebilde. Der Diopsid ist etwas seltener, findet sich aber meist in etwas besser ausgebildeten Krystallkörnern, welche zum Theil prismatischen bis nadeligen, zum Theil mehr tafelförmigen Habitus besitzen. An demselben treten in besonderer Schönheit die Wirkungen des Druckes hervor, indem die mehr säulenförmigen Krystalle gebogen erscheinen und undulöse Auslöschung haben, die tafligen aber in unregelmässig abgegrenzte Felder zersprengt sind. Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle, die auch in den übrigen Mineralien dieser Gesteine vorkommen, sind im Diopsid in besonderer Menge und Deutlichkeit zu beobachten, sie zeigen theils rundliche Umrandung, theils die Form negativer Krystalle. Verhältnissmässig selten ist hier der Epidot, welcher im Dünnschliff stets in länglichen, farblosen Durchschnitten erscheint. Sehr verbreitet ist dagegen der Titanit, zum Theil in einzelnen, wohlausgebildeten Krystallen, zum Theil in Form von Haufwerken von Körnern, welche kaum durchsichtig werden. Neben diesen Silicatmineralien spielt Apatit mit einem ziemlichen Fluorgehalt eine bedeutende Rolle. Derselbe findet sich in kurzprismatischen, gerundeten Krystallen; ausserdem sieht man unregelmässig geformte Körner opaker Erze und körnige Aggregate von Kalkspath fast überall. In einem Vorkommniss wurde auch Quarz beobachtet, welcher die Ausfüllung von Klüften in einem dichten, hornsteinähnlichen Granatfels bildet und scharf begrenzte, winzige Kryställchen eines lichten Granats umschliesst.

Die Mengenverhältnisse dieser Mineralien sind sehr wechselnde, so dass sich eine grosse Anzahl verschiedener Varietäten herausbildet, und makroskopisch fast jedes Handstück von dem andern abweicht. Chlorit ist in allen in grösserer oder geringerer Menge enthalten, ebenso Apatit, Titanit und Erze und zumeist auch Kalkspath, während Granat, Vesuvian, Diopsid und Epidot sich gegenseitig vertreten. In einzelnen Varietäten findet sich neben den zuerst genannten Mineralien fast auschliesslich Vesuvian und neben demselben wenig Granat. Die so zusammengesetzten Gesteine sind zäh und schwer und haben bräunlich-grüne Farben, auf den Bruchflächen sieht man fast stets die schimmernden Spaltflächen der Chloritblättchen. Wo Diopsid in grösserer Menge hinzutritt, bilden sich gerne verschieden zusammengesetzte Flasern aus, von welchen die einen den eben besprochenen Vorkommnissen ähnlich sind, die andern

makroskopisch grünlichweiss und etwas faserig erscheinen und aus vorherrschendem Diopsid bestehen; beide sind oft durch chloritreiche Lagen getrennt. Wo sie direct in einander übergehen, liegen langprismatische Krystalle von Diopsid in einer Granatgrundmasse, welche sie nach allen Richtungen durchschneiden und dadurch ein Bild hervorbringen, welches der Erscheinung der ophitischen Structur nicht unähnlich ist. Durch Eintritt des schwarzen Melanits wird die Farbe des Gesteins dunkler braun, bis endlich schwarze Aggregate von Melanit sich herausbilden, in welchen unter dem Mikroskop neben diesem nur Chlorit nachgewiesen werden kann. Ausserdem kommen Vesuviandiopsidfelse von hornsteinähnlicher Beschaffenheit und lichtgrünen Farben vor, welche auch häufig durch Beimengung von braunem Granat in einzelnen Lagen gebändert erscheinen; bei diesen Gesteinen kann man wie bei anderen ähnlichen Vorkommnissen hin und wieder beobachten, wie Vesuvian, Diopsid, Granat und Chlorit von Rissen und Spaltflächen aus in grössere Krystalle eines diallagartigen Augits eindringen. Endlich wurden hier röthlichbraune, gleichfalls sehr dichte Granatfelse beobachtet, welche makroskopisch wie Karneol aussehen und von seltenen Quarzadern durchsetzt sind, in welchen scharf ausgebildete, winzige Dodekaëder eines sehr lichten Granats vorkommen, wie dies Fig. 5 der Tafel III erkennen lässt; sie erscheinen gebändert, lassen aber sonst keine Structur erkennen. Alle diese verschiedenen Gesteine, deren Aussehen und Habitus fast von Stück zu Stück wechselt, sind nun durchsetzt von einem Netzwerk von Klüften und Adern, welche denselben manchmal einen breccienähnlichen Charakter verleihen, und auf welchen die in den Gesteinen vorhandenen Mineralien, meist in etwas besser ausgebildeten Individuen sich angesiedelt haben. Zu diesen kommt noch, verhältnissmässig selten allerdings, der Zirkon, welcher in den Gesteinen selbst nirgends nachgewiesen werden konnte. Es ist in ganz besonders charakteristischer Weise zu beobachten, dass überall, wo diese Adern von Mineralaggregaten vorkommen, keine Spur von Serpentin vorhanden ist, sondern dass überall Chlorit im Gemenge mit den verschiedenen anderen Silicaten die Gesteine zusammensetzt, welche erst allmählich in grösserer Entfernung von den durch das Aderwerk durchsetzten Partieen in reinen Serpentin übergehen, der sowohl gegen den Fuss der Wildkreuzspitze als gegen die Höhe des Burgumer Berges zu, dort in mehr massiger, hier in mehr schiefriger Form vorhanden ist und dann keine Neubildung von Mineralien auf Klüften zeigt. Durch all diese Verhältnisse wird es wahrscheinlich gemacht, dass nicht sowohl durch Auslaugung des Gesteins bei dem Process der Serpentinisirung diese Mineralgänge entstanden, sondern dass vielmehr die Lösungen, welche die letzteren bildeten, von den Klüften aus die Umwandlung der Gesteine veranlassten.



Schlussfolgerungen.

Die Ergebnisse dieser neuen an einem reichhaltigen Material angestellten Untersuchungen stehen insofern mit den Resultaten meiner früheren Studien an den Serpentinen des Gross-Venedigerstockes in vollkommenem Einklang, als das hauptsächlichste Resultat, zu welchem ich damals gekommen war, dass diese Gesteine der Reihe der krystallinen Schiefer nicht angehören, sondern dass sie vielmehr als Umwandlungsproducte intrusiver Gesteine anzusehen sind, aufs Neue durch eine grosse Anzahl von Thatsachen gestützt wird, zu deren Erklärung die Herbeiziehung anderer Hypothesen nicht ausreichend ist. Es wird aber durch die vielen neuen Funde, welche ausführlicher beschrieben wurden, der Gesichtskreis bedeutend erweitert, und vieles, was die früheren an verhältnissmässig sehr gleichartig ausgebildeten Vorkommnissen durchgeführten Arbeiten unklar liessen, wurde vollkommen klargestellt.

Was zunächst die Erkenntniss der ursprünglichen Gesteine betrifft, als deren Abkömmlinge wir wohl alle im Obigen behandelten Serpentingesteine ansehen müssen, so war diese bei dem damaligen Stande des Wissens und dem aus einem engumgrenzten Gebiete gewonnenen Material einfach unmöglich. Die falsche Auffassung, dass vorherrschend Pyroxenite die Urgesteine der Serpentine gewesen seien, war in vollständiger Uebereinstimmung mit allen an diesen Gesteinen angestellten Beobachtungen und leitete sich vor Allem von dem auch von vielen anderen gemachten Trugschluss her, dass der Serpentin aus demjenigen Mineral hervorgegangen sein müsse, welches noch in Resten in demselben vorhanden ist, während in der That in sehr vielen Fällen der ganze ursprüngliche Gehalt des Gesteins an Pyroxen erhalten geblieben sein dürfte, und der Olivin, früher der hauptsächlichste Gemengtheil weitaus der meisten dieser Vorkommnisse, in denselben fast stets spurlos oder mit Hinterlassung äusserst dürftiger, an und für sich kaum zu deutender Reste verschwunden ist. Erst durch die Auffindung der eigenartigen Olivingesteine des Stubachthales, welche ich wegen des hervorragenden Interesses, welches diese Bildungen für die chemische Geologie im Allgemeinen und speciell für die Erkenntniss des Processes der Serpentinbildung besitzen, mit einem besonderen Namen belegte und nach dem Ort ihres Vorkommens als **Stubachite** bezeichnete, bewies aufs Klarste, dass die frühere Annahme eine irrige war, und dass, wie zuerst Becke an den Gesteinen des Rettenkopfs nachwies, Olivin zur Entstehung von Antigoritserpentin Anlass geben kann. Die Vorkommnisse des Rettenkopfs aber sowohl als in noch höherem Maasse diejenigen, welche an den Todtenköpfen im obersten Stubachthal gesammelt wurden, lassen den Grund dieser Erscheinung mit ziemlicher Deutlichkeit erkennen und zeigen, dass die Antigoritbildung in Gesteinen vor sich ging, welche als unzweifelhaft primäres Mineral schon Antigorit enthielten. Wenn man die Art des Auftretens dieses Minerals in den frischesten Gesteinsproben von den Todtenköpfen sich noch einmal vor Augen führt, wenn man

sieht, wie grosse einheitliche Tafeln desselben in regelmässiger Verwachsung mit vollständig frischem Olivin sich finden, wie diese Tafeln die Körner des Olivins in gesetzmässiger Weise durchschneiden, ohne dass irgend eine Spur beginnender Zersetzung an dem letzteren zu beobachten ist, so kann doch nur die einzige Erklärung Anspruch auf allgemeine Annahme machen, dass nämlich Olivin und Antigorit vollständig gleichzeitiger Bildung sind. Bei irgend einer Form der Umwandlung, sei es, dass man dieselbe auf wässrigem Wege vor sich gegangen denkt, sei es, dass man den Versuch macht, die bei der Gebirgsbildung freiwerdenden chemischen und physikalischen Kräfte zu einer Erklärung derselben in Anspruch zu nehmen, müsste in allen Fällen das entstehende Bild ein durchaus anderes sein, als es in der That ist. Die merkwürdige Erscheinung, dass der Antigorit die in ungewöhnlich vollkommener Weise vorhandenen Spaltflächen des Olivins geradezu vermeidet, dass er auf den Grenzen zwischen den einzelnen Körnern ebenso fehlt wie auf jenen Flächen, auf welchen durch die Einwirkung des Gebirgsdrucks eine innere Verschiebung einzelner Theile des Olivins stattgefunden hat, dass er vielmehr parallel gewissen anderen Flächen, vor Allem parallel dem Doma (011), nach welchem weder eine Spur von Spaltbarkeit noch sonstige Andeutung einer besonders leichten Zugänglichkeit des Minerals vorhanden ist, mit grosser Constanz und in stets wohlausgebildeten Tafeln auftritt, ist nur als primäre Verwachsung zu erklären. Aus dieser Form der Verwachsung von Olivin und Antigorit, welche meiner Ansicht nach in allen Fällen den Anlass zur Umwandlung der Gesteine in Antigoritserpentin gab, ist mit viel grösserer Wahrscheinlichkeit eine Erklärung für die eigenartige Erscheinung der „Gitterstructur“ zu geben, welche überall als charakteristisch für Antigoritserpentin angesehen wird, als durch die frühere Annahme, nach welcher vor Allem die parallele Ablagerung des Zersetzungsproductes auf den Spaltflächen eines Pyroxenminerals als Grund dieser Erscheinung angesehen wurde. Ich selbst konnte in den gesammten, hier ausführlich beschriebenen Serpentinvorkommnissen ebenso wenig wie in vielen anderen, welche mir bekannt geworden sind, die Beobachtung machen, dass echte Gitterstructur in der vollkommenen Ausbildung, wie sie die meisten der besprochenen Gesteine zeigen, bei der Umwandlung eines Pyroxenminerals in Serpentin entsteht, sondern vielmehr lassen die Endproducte derartiger Veränderungen meist keine besonders wohlausgebildete Structur erkennen und weisen höchstens mehr oder weniger parallelschuppige Aggregate auf, in denen die charakteristischen grösseren Tafeln von Antigorit, welche die hervortretendste Erscheinung der „Gitterstructur“ bilden, stets und immer fehlen. Die Möglichkeit einer primären Verwachsung von Pyroxen und Antigorit, welche zu ganz ähnlichen Producten führen müsste, kann ich natürlich nicht leugnen, beobachtet aber habe ich derartiges nicht. Inwiefern die weitere Umbildung der Gesteine in Antigoritserpentin mit dem Gebirgsdruck in Zusammenhang gebracht werden kann, ist wieder eine Frage für sich, deren Lösung aber, wenigstens durch andere als rein theoretische Erwägungen, zunächst kaum zu erwarten ist. Jedenfalls ist fast stets deutlich ein Unterschied zu constatiren zwischen dem primär vorhandenen, mit dem Olivin in gesetzmässiger Weise



verwachsenen Antigorit und denjenigen Partieen desselben Minerals, welche durch secundäre Einflüsse von den Rändern und Klüften der einzelnen Körner sich in denselben ausgebildet haben; die ersteren sind stets grössere, wohlausgebildete Tafeln, welche in dieser Form auch in den völlig umgewandelten Gesteinen zu erkennen sind, die letzteren bilden mehr oder weniger feinschuppige, wirre Aggregate. Das Vorkommen von Gesteinen, in welchen ursprünglicher Antigorit nicht beobachtet wurde, wie gewisser Proben vom Rettenkopf, die Ausbildung von Chrysotil in körnigem, antigoritfreiem Olivinfels der Todtenköpfe und endlich der Nachweis von normalen Chrysotilserpentinen an einer ganzen Anzahl der verschiedenen Fundorte, welcher hier zum erstenmale geliefert wurde, lassen jedenfalls den Zusammenhang zwischen dem Gebirgsdruck und der Umwandlung der Gesteine zu Antigoritserpentin nicht als einen directen erscheinen.

Als Resultat all dieser Betrachtungen ergibt sich, dass die untersuchten Antigoritserpentine der östlichen Centralalpen Umwandlungsproducte von Gesteinen darstellen, welche ursprünglich aus Olivin und Antigorit, zumeist in gesetzmässiger Verwachsung, und einem Chromspinell bestanden, zu welchen in einzelnen Vorkommnissen ein Pyroxenmineral von den Eigenschaften des Diallags tritt, das hin und wieder den vorherrschenden Gemengtheil der Gesteine bildete; all die verschiedenen Varietäten, welche so entstehen, bezeichne ich als Stubachite, sicher nachweisbare Abkömmlinge derselben, wie sie in den meisten der besprochenen Vorkommnisse vorliegen, als Stubachitserpentine.

Im Anschluss hieran möchte ich noch eine zweite Frage erörtern, welche, wie mir scheint, in meiner früheren Arbeit gleichfalls nicht durchaus richtig gelöst wurde, und das ist die Frage nach den Structurformen der ursprünglichen Gesteine. Bei verschiedenen Autoren finden sich ebenso wie in meiner früheren Arbeit Beschreibungen feinschuppiger oder radialfaseriger Gebilde einestheils, welche als Pseudomorphosen nach glasigen, sphärolithischen Erstarrungsproducten gedeutet wurden, von Porphyrstructuren andererseits, wobei ein Unterschied zwischen frischen Einsprenglingen und einer meist serpentinisirten Grundmasse hervorgehoben wird. Was die ersteren Bildungen betrifft, so dürfte die Krystallisationsfähigkeit eines Magnesiasilicatmagmas eine viel zu hohe sein, um eine glasige Erstarrung als möglich erscheinen zu lassen. Zwei Laboratoriumsversuche, eine einfache Frittung von pulverisirtem Stubachitserpentin ebenso wie eine Schmelzung desselben mit darauffolgender rascher Erstarrung lieferten annähernd holokrystalline, körnige Aggregate von Olivin, und die Bildung eines derartigen Gesteins dürfte doch wohl kaum unter Verhältnissen vor sich gegangen sein, welche einer krystallinen Entwicklung noch weniger günstig waren. Die radialfaserige Ausbildung ist also als secundär anzusehen. Das Vorkommen von porphyrischen Structuren ist nicht ebenso unwahrscheinlich, in den hier untersuchten Gesteinen wurden sie indessen nicht nachgewiesen, vielmehr sprechen alle Beobachtungen dafür, dass die ursprünglichen Stubachite mittelkörnige Gesteine von holokrystalliner, allotriomorph körniger Ausbildung waren.

Wenn wir uns nun eingehender mit der Frage nach der Entstehung dieser Gesteine beschäftigen, so müssen wir dabei vor Allem zwei Punkte berücksichtigen, einestheils die Art des Auftretens und der Ausbildung der Gesteine selbst, anderntheils die Mineralneubildungen, welche dieselben begleiten. Die Art des Auftretens dieser Vorkommnisse trägt ebensowenig das Charakteristische echter Schiefergesteine an sich wie das Aussehen und der Habitus der einzelnen Varietäten. Man findet den Serpentin in den östlichen Centralalpen in vollständig regelloser Vertheilung in den verschiedensten Schichtencomplexen eingelagert, und die Form, in welcher er auftritt, ist stets die einer schlauchförmigen Einlagerung zwischen den Schichten der krystallinen Schiefer. Durchgreifende Lagerungsformen sind dabei, wenn sie überhaupt mit Sicherheit nachgewiesen werden können, jedenfalls ausserordentlich selten. Diese Erscheinung, sowie vermeintliche Uebergänge zwischen Serpentin und Schiefergestein, welche von einer Anzahl Autoren gerade für die hier behandelten Serpentine angegeben werden, waren wohl auch der einzige Grund, dass man Gesteine, welche mit anerkannten Gliedern der massigen Gesteinsreihe, den umgewandelten Peridotiten, vollständige chemische und petrographische Analogie zeigen, bei den krystallinen Schiefern einreihte. Ich muss hier aufs Neue betonen, dass an keinem der untersuchten Serpentinvorkommnisse auch nur eine Andeutung eines Ueberganges zwischen Serpentin und Schiefer beobachtet werden konnte, dass beide vielmehr stets und überall in vollständig scharfer Weise von einander geschieden und gegen einander abgegrenzt sind, wie es derartig heterogene Dinge eben sein müssen. Die Form des Auftretens, das Fehlen von gangförmigen Bildungen und Apophysen würde, die Annahme von der intrusiven Natur der Stubachite als richtig vorausgesetzt, damit zu erklären sein, dass dieselben in einem wenig leichtflüssigen Zustand in Hohlräume eingepresst wurden, welche dadurch entstanden, dass bei der Aufstauung des Gebirges die Schichten sich namentlich an solchen Stellen lösten, wo Gesteine an einander grenzten, welche der Umbiegung und Faltung verschieden starken Widerstand entgegensetzten, und so finden wir in der That auch, dass z. B. die Serpentinvorkommnisse an der Südseite des Venedigerstockes fast stets an der Grenze zwischen Chloritschiefer und Kalkglimmerschiefer vorhanden sind. Es spricht somit die Form des Auftretens nicht gegen die intrusive Entstehung und die geologische Verbreitung der Gesteine in oft mächtigen, aber rasch sich auskeilenden Einlagerungen in den verschiedensten Horizonten ist durchaus nicht in Uebereinstimmung mit derjenigen normaler krystallinischer Schiefer. Auch der petrographische Habitus ist abweichend von demjenigen krystalliner Schiefer und weist geradezu auf die Zugehörigkeit der Stubachite zu den massigen Gesteinen hin. Die Gesteine entbehren in allen Fällen einer Schichtung vollständig und sind durchaus massig ausgebildet, das Auftreten geschieferter Varietäten ist entweder an nur wenig mächtigen Vorkommnissen oder gegen den Contact mit den umgebenden Gesteinen zu beobachten, eine Erscheinung, welche die Stubachite mit einer grossen Anzahl massiger Gesteine gemeinsam haben. Wo eine Schichtung aufzutreten scheint, lässt sich in allen Fällen nachweisen, dass dies eine durchaus secundäre Erscheinung ist, wobei durch die von den Klüften aus fort-

schreitende Serpentinisirung des durch den Gebirgsdruck zersprengten Gesteins ein Eindruck hervorgerufen wird, welcher im Kleinen wohl manchmal einer Schichtung nicht unähnlich ist, im Grossen aber stets als etwas von dieser durchaus Abweichendes erkannt wird, indem die einzelnen Lagen mit einander in mannigfaltigster Weise durch Querglieder verbunden sind und sich wieder verästeln; das so entstehende Bild ist vielmehr dasjenige einer Maserung. Dazu kommt die stets richtungslos körnige Structur der nichtumgewandelten Gesteine und die Art der Vertheilung der verschieden zusammengesetzten Partieen, welche gleichfalls nicht als Schichtung bezeichnet werden darf, sondern vielmehr Aehnlichkeit besitzt mit der schlierenartigen Spaltung, welche bei basischen Massengesteinen eine so weit verbreitete Erscheinung ist. Der mineralische Bestand der Stubachite, das Auftreten des hydroxylreichen Silicates als primärer Bildung in denselben, mag wohl bei einer ersten Betrachtung für ein intrusives Gestein merkwürdig erscheinen; wenn man indess die eigenartige Bildung der Gesteine, die Krystallisation derselben während der Faltung des Gebirges und unter den dabei wirkenden ungewöhnlichen Spannungsverhältnissen bedenkt, so wird von chemischem Standpunkt aus wenigstens in dem Auftreten von primärem Antigorit in ihnen kein Beweis gegen ihre Erstarrung aus einem wasserhaltigen Schmelzfluss zu finden sein, zumal wenn man überlegt, wie weit verbreitet in den normalen Massengesteinen Mineralien sind, an deren Constitution das Wasser theilnimmt. Die verschiedenartigen Mineralcombinationen, welche diese Vorkommnisse begleiten, und deren petrographischer Charakter im Obigen eingehend auseinandergesetzt wurde, bilden aber einen directen Beweis für die anogene Entstehung der Stubachite. Ich muss hier noch einmal betonen, dass all diese Mineralneubildungen mit ihren prachtvollen und wohlcharakterisirten Minerallagerstätten ausschliesslich in Begleitung der Serpentine vorkommen, und dass ähnliche Bildungen den krystallinen Schiefern vor Allem vollständig fehlen, aber auch im Bereiche des Centralgranits nur mit weit abweichender Mineralparagenesis beobachtet wurden. Jedenfalls ist in dem ganzen von mir genauer untersuchten Gebiet keine Andeutung derartiger Umwandlungen in regionaler Ausbildung vorhanden, und damit fällt auch die Theorie der Entstehung derartiger Bildungen durch irgend eine Form der regionalen Metamorphose. Man wird vielmehr die Entstehung dieser mit den Serpentinen aufs Engste verknüpften Neubildungen mit der Entstehung derselben in genetischen Zusammenhang bringen müssen; es waren unzweifelhaft die Dämpfe und Gase, welche die Intrusion des Serpentins begleiteten, die zur Entstehung der Kalksilicathornfelse Anlass gaben, und den der Eruption folgenden Processen pneumatolytischer oder pneumatohydatogener Art wird man die Neubildungen in den Serpentinen selbst zuzuschreiben haben. Und dass beide Processe in einander übergreifend zu denken sind, das beweist schon das häufige Auftreten von Adern der Silicatmineralien in den Contactgesteinen.

Die weitverbreiteten Mineralneubildungen an den besprochenen Gesteinen sind zum Theil nach ihrem geologischen Vorkommen als echte Contactbildungen anzusehen, wofür die charakteristischsten Beweise in den Vorkommnissen der Umgebung von

Prägraten, sowie des Hackbrettl im Stubachthal, in weniger deutlicher Form aber auch in den eigenartig modificirten Gneissen vorliegen, welche am Rettenkopf im Stubachthal, ebenso wie am Rothenkopf, Ochsner und Greiner im Zillerthal beobachtet wurden. Die geologische Deutung derselben wird schon durch den Befund im Felde klar gemacht, und die Beschaffenheit der Gesteine ist diejenige echter Contactgesteine; die mit diesen Vorkommnissen in Verbindung stehenden Minerallagerstätten kann man direct als Contactlagerstätten bezeichnen, welche ihre beste Ausbildung an den drei im Obigen beschriebenen Vorkommnissen der Umgebung von Prägraten besitzen.

Die Zusammensetzung dieser Gesteine weist zum Theil Kalkthonerdesilicate, zum Theil Kalkmagnesiasilicate auf, Mineralien, welche überall als charakteristische Contactbildungen in thonigen und dolomitischen Kalken entstehen. Der ursprüngliche Bestand des Kalkglimmerschiefers, aus welchem die am besten charakterisirten Hornfelse hervorgegangen sind, zeigt ganz andere Mineralien; wir haben in demselben ein holokrystallines Aggregat von Quarz, dolomitischem Kalkspath, sowie einem sericitartigen Glimmer, und es fehlen demselben die den Contact bezeichnenden Mineralien, vor Allem Granat, Vesuvian und Diopsid in der ganzen übrigen Ausdehnung vollständig. Der Process der Umkrystallisation dieser ursprünglich schon krystallinen Gesteine geht also von einem Material aus, welches in chemischer Beziehung grosse Uebereinstimmung mit Mergeln und sonstigen unreinen Kalken besitzt, und dementsprechend ist auch das Endproduct ganz das normale. Es entstehen so zum Theil reine Silicatfelse, wie an der Goslerwand, Eichamwand etc., zum Theil grobkörnige Kalke, in welchen Silicate in einzelnen Körnern eingesprengt sind. Die reinen Silicatfelse sind fast stets cavernös ausgebildet und sind die hauptsächlichsten Fundstellen der Contactmineralien, da hier bei der Umkrystallisation der grösste Substanzverlust in Folge Verdrängung der Kohlensäure durch Kieselsäure stattgefunden hat, während dagegen in den körnigen Kalken solche Hohlräume nicht vorhanden sind. Ob allerdings die ganze Menge der Kieselsäure, Thonerde etc. schon in allen Fällen ursprünglich dem Gestein angehörte, oder ob die Lösungen, welche die Umkrystallisation hervorbrachten, mit diesen Substanzen beladen waren, ist direct nicht zu entscheiden. Wie aus dem Folgenden überzeugend hervorgeht, folgten aber der Intrusion des Stubachitmagmas und der Erstarrung desselben langandauernde Epochen postvulcanischer Thätigkeit, während welcher Kieselsäure, Thonerde, Kalk und Magnesia in grossen Mengen zugeführt wurden, welche wohl nicht in allen Fällen ihre umwandelnde Kraft in dem Peridotit allein bethätigten, sondern auch den umgebenden Gesteinen Substanzen zuführten; sind ja doch diese oft von massenhaften Adern mit krystallisirten Mineralien durchsetzt, welche denjenigen im Serpentin selbst durchaus entsprechen. Bei diesen letzteren Bildungen müssen wir zwei verschiedene Formen getrennt betrachten, von welchen die eine am schönsten in dem Stubachit der Todtenköpfe, weniger deutlich in dem des Rettenkopf im Stubachthal auftritt, während die andere an den Serpentinen des Hackbrettl im Stubachthal, der Scharn im Hollersbachthal, des Rothenkopf, Ochsner und Greiner im Zillerthal, sowie in besonders schöner und mannigfaltiger Ausbildung auf der

Burgumer Alpe in Pfitsch studirt werden kann. Die ersteren Neubildungen zeigen vorherrschend Olivin, Antigorit, Calcit und Diopsid und wurden im verhältnissmässig frischen Olivinfels beobachtet, die letzteren führen dieselben Mineralien, wie die Contactgesteine und treten nur in den völlig zu Serpentin umgewandelten Gesteinen auf, welche sie noch weiter modificiren.

Diejenigen Neubildungen auf den Klüften der Stubachite, in welchen Olivin eine bedeutende Rolle spielt, finden sich zum Theil auf unzersetztem Gestein, zum Theil aber ist die Unterlage derselben vollständig in Serpentin umgewandelt oder es liegen Zwischenproducte in denselben vor. Dazu sind diese Gänge und Adern stets scharf von dem Hauptgestein getrennt, irgend eine Beeinflussung des letzteren durch die den Absatz bewirkenden Agentien ist nirgends zu beobachten. Auf diesen Gängen findet sich frischer Olivin zum Theil in mehrere Zoll langen prismatischen Krystallen mit Antigorit in Kalkspath oder Asbest eingewachsen, welch letztere häufig die Hauptmasse bilden, in anderen Fällen aber wieder ganz fehlen. Die Mächtigkeit derselben ist zum Theil ziemlich bedeutend — Gänge von $^1/_4$—$^1/_2$ m sind nicht gerade selten — sie finden sich aber auch bis zu mikroskopischer Feinheit, wobei sie sich durch das ganze Gestein verästeln. Wenn man die Bildung dieser Gänge zu erklären versucht, wird man wohl annehmen müssen, dass die Gesteine, in welchen dieselben vorkommen, zur Zeit der Entstehung der ersteren schon in dem Zustand der Umwandlung sich befunden haben, in welchem sie heute vorliegen, da es sonst nicht wohl denkbar wäre, dass diese feinen Aederchen von frischem Olivin in dem sich zersetzenden Olivinfels erhalten blieben, sondern dieselben wären unfehlbar demselben Process der Serpentinisirung anheimgefallen, welcher das Gestein ergriff. Sodann aber glaube ich, nicht mit Unrecht annehmen zu dürfen, dass die Bildungsbedingungen dieser die gesetzmässigen Verwachsungen von Olivin und Antigorit in grosser Schönheit zeigenden Gänge nicht allzusehr von denjenigen des ursprünglichen Gesteines abweichen, dass man in diesen also jedenfalls kein Product vor sich hat, welches aus den in die Gesteine infiltrirten atmosphärischen Gewässern krystallisirt ist; ausserdem finden sich auch in diesen Ausfüllungsmassen Spuren von Kataklase, welche auf die Fortdauer der gebirgsbildenden Processe nach ihrer Entstehung hindeuten. Da nun einestheils die Umwandlung von Stubachit zu Serpentin an einzelnen Stellen vollendet war, als sich dort Mineralneubildungen absetzten, diese letzteren aber nur in Zusammenhang mit den sogenannten postvulcanischen, wahrscheinlich pneumatohydatogenen Processen zu bringen sind, wird man auch die Umwandlung der Stubachite in Serpentin in die der Erstarrung unmittelbar folgenden Zeiträume verlegen müssen und in dieser gleichfalls das Ergebniss irgend einer Art vulcanischer Thätigkeit erkennen. Um den Vorgang kurz zu skizziren, haben wir für die Erklärung der Vorkommnisse von Stubachit und Stubachitserpentin folgende Annahmen zu machen. Während der Aufstauung des Gebirges wurden an Stellen geringen Widerstandes die Schichtfugen der Schiefer gelöst, und in die so entstandenen Hohlräume wurde ein viscoses Magnesiasilicatmagma eingepresst, welches unter der mächtigen Spannung zu Olivin und Antigorit erstarrte. Dass

die meisten der Gesteine ursprünglich diese Zusammensetzung hatten und nicht etwa Serpentin als solcher in reinem Zustand sich ausbildete, wird durch die in den meisten derselben so deutlich charakterisirte Gitterstructur bewiesen. Das verfestigte Gestein wurde, da die Faltung des Gebirges fortdauerte, theilweise zermalmt, und von den so gebildeten Fugen und Klüften aus wurde durch die der Intrusion folgenden, aus der Tiefe aufsteigenden Gase und Dämpfe der Process der Umwandlung in Serpentin eingeleitet. Diesen Zustand im Werdeprocess der Serpentine bezeichnen die gemaserten Vorkommnisse des Rettenkopfs und der Todtenköpfe. Einen dritten Abschnitt endlich zeigen die Neubildungen von Olivin, Antigorit, Diopsid, Calcit, Asbest, Magnetit etc. auf den Klüften an, welche die letzte Bethätigung der vulcanischen Thätigkeit, die wohl in Form heisser Lösungen erfolgte, darstellen. Dass diese zumeist reines Magnesiasilicat führenden Lösungen den fertig gebildeten Serpentin oder den frischen Stubachit nicht beeinflussten, dürfte nichts Auffallendes an sich haben, es fehlen daher hier die Einwirkungen auf das Nebengestein der Gänge vollständig, welche bei der zweiten Gruppe dieser Mineralneubildungen in den Stubachitserpentinen so ausserordentliche Bedeutung erreichen.

Diese zweite Gruppe von Mineralneubildungen weist überhaupt schon durch ihr Vorkommen darauf hin, dass die chemisch-geologischen Processe, welche bei ihrer Entstehung vor sich gingen, noch intensivere waren, denn abgesehen davon, dass von den Gängen aus der Serpentin in verschiedenartige Mineralcombinationen umgewandelt erscheint, finden sich an allen Vorkommnissen, an welchen diese Bildungen in grösserem Maassstabe zu beobachten sind, vom ursprünglichen Olivin kaum Spuren. Es ist also hier schon der zweite Abschnitt, derjenige der Serpentinisirung bis zur vollständigen Zerstörung des urprünglichen Mineralbestandes verlaufen, und die überhitzten Lösungen, welche die dritte Periode der Umwandlung bezeichnen, fanden neben Serpentin nur noch Reste von Diallag vor. Es konnten daher wohl auch in den Mineralaggregaten, welche dieser Gruppe angehören, Pseudomorphosen von Granat, Vesuvian, Diopsid nach Diallag, niemals aber solche nach Olivin nachgewiesen werden. Die Lösungen, welche diese Neubildungen hervorbrachten, waren mit Kieselsäure, Thonerde, Kalk und Magnesia beladen und setzten dieselben auf den Klüften ab; griffen aber auch von den Klüften in den Serpentin ein, welcher von hier aus in Chlorit und in Aggregate von Chlorit mit Vesuvian, Granat, Epidot, Diopsid etc. umgewandelt wurde. Das Vorkommen dieser Gänge sowohl wie die Ausbildung des Nebengesteines derselben sind jedenfalls der Art, dass eine Entstehung der ersteren durch Lateralsecretion vollständig unwahrscheinlich ist. Denn überall da, wo dieselben vorkommen, hat das sonst fast thonerdefreie Gestein einen hohen Gehalt an Thonerde aufgenommen und die Umbildung des Serpentins zu den verschiedenen Mineralaggregaten ist dort am intensivsten vor sich gegangen, wo diese gangförmigen Vorkommnisse sich anhäufen. Da nun einestheils der Stubachit ursprünglich keinen so bedeutenden Thonerdegehalt besessen haben kann, um weitgehende Umbildungen, wie sie z. B. auf der Burgumer Alpe zu beobachten sind, auch nur möglich erscheinen zu lassen, wie überhaupt eine



Bildung derselben durch Lateralsecretion schon durch die Art ihres Auftretens ausgeschlossen erscheint, so bleibt nur die Erklärung übrig, dass die Bestandtheile derselben aus der Tiefe stammen, und dass ihre Bildung eine Folgeerscheinung der Intrusion des Stubachites ist. Wir müssen also die Lagerstätten dieser Art als pneumatohydatogene Producte betrachten. Die Art des Auftretens derselben und die Einwirkung auf das Nebengestein geben uns vollständig dasselbe Bild, wie es an den Zinnerzlagerstätten zu beobachten ist, hier wie dort das gangförmige Auftreten von Mineralcombinationen, welche in ihrem chemischen Bestand mit dem Hauptgestein nicht übereinstimmen, hier wie dort die intensive Beeinflussung des Nebengesteins der Gänge, welche sich erst in weiterer Entfernung von denselben verliert. Wesshalb als Folgeerscheinungen der Eruption eines Magnesiasilicatmagmas Lösungen an die Oberfläche kamen, welche verhältnissmässig wenig Magnesia, dagegen die in dem Hauptgestein in geringer Quantität vorhandenen Substanzen Thonerde und Kalk in grossen Mengen enthalten, dafür eine vollkommen befriedigende Erklärung zu geben, ist nicht gut möglich. Jedenfalls aber müssen die Minerallagerstätten dieser Art stets in genetischem Zusammenhang mit dem Serpentin betrachtet werden, und ich möchte wiederholt darauf hinweisen, dass eine Untersuchung derartiger Vorkommnisse im Handstück allein ohne Kenntniss des Vorkommens in der Natur zu durchaus falschen Vorstellungen führen muss, wie sie in der That auch in der gesammten Literatur über dieselben verbreitet sind, da diese Lagerstätten bis jetzt überhaupt noch nicht an Ort und Stelle untersucht wurden. All die verschiedenen Vorkommnisse der im Obigen beschriebenen Mineralcombinationen sind dem „Chloritschiefer", dem „Talkschiefer", welchem angehörend sie stets aufgeführt werden, vollständig fremd, und es treten z. B. auch die schuppigen Aggregate von Chlorit, in welchen grössere Krystalle von Magnetit, Breunerit, Sphen u. s. w. beobachtet werden, ausschliesslich im Serpentin auf, ebenso wie die Aggregate von Talk, welche theils ebenfalls Breunerit, theils Spargelstein oder Strahlstein führen; man bezeichnet desshalb, wie schon früher bemerkt, derartige Bildungen wohl besser als Chloritfelse und Topfstein, da sie weder in ihrem Vorkommen noch in ihrer Ausbildung irgend etwas mit den Schiefern zu thun haben.

Aehnliche Lagerstätten, wie die im Obigen ausführlicher besprochenen, finden sich in weiter Verbreitung; die einzige von denselben aber, welche bisher untersucht wurde, ist das berühmte Vorkommen vom Alathal in Piemont, welches sowohl in der Art des Auftretens als in der Ausbildung der Mineralien ganz mit den zuletzt besprochenen Gängen übereinstimmt. Hieher gehört jedenfalls noch eine grössere Anzahl von Vorkommnissen in den Westalpen, so die von der Rymphischwänge und dem Findelengletscher bei Zermatt, welche in ihrer Mineralparagenesis ebenso wie in den Gesteinen mit den hier besprochenen vollständig identisch sind. Die Vorkommnisse von „Schweizerit" von denselben Fundorten bilden dagegen Analoga zu den Olivin-führenden Gängen der Todtenköpfe.

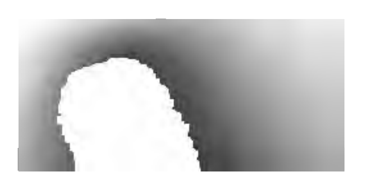
Auch in anderen Gebirgen dürften derartige Vorkommnisse verbreitet sein, und speciell sind es gewisse Lagerstätten des Ural, welche mit denjenigen der Serpentine

der östlichen Centralalpen bis ins kleinste Detail übereinstimmen, so vor Allem diejenigen der Achmatow'schen Grube am Nasjamer Berg bei Slatoúst; aber auch die schönen Vorkommnisse des Uwarowit von Saranowskaja bei Bissersk etc. gehören zweifellos hieher.

Weiterhin hat man in dem Auftreten von Topazolith in Serpentin, wie z. B. in demjenigen von Wurlitz bei Hof im Fichtelgebirge, von Granat in Pikrit von Bottenhorn im hessischen Hinterland Beispiele von allerdings geringerer Bedeutung, wobei darauf zu achten ist, dass ebensowohl in den Alpen wie im Ural und in den deutschen Mittelgebirgen die auf den Serpentin aufgewachsenen Granatmineralien zu der Reihe der Kalkthon-Kalkeisengranaten gehören, und dass hier nie Magnesia-haltige Granaten vorkommen.

Neubildungen mit einer ähnlichen Mineralparagenesis und einem übereinstimmenden Habitus, wie die hier besprochenen, treten auch an anderen massigen Gesteinen auf, speciell sind gewisse Vorkommnisse des Monzoni, so vor Allem diejenigen der Allochet und einzelne des Monzonithals charakteristische Beispiele dafür. Hier findet man ebenfalls besonders häufig innerhalb der Randzonen des Monzonits Adern und Gänge mit Granat, Epidot, Fassait etc., welche zum Theil in Krystallen auftreten, zum Theil dichte, hornsteinähnliche Aggregate bilden, von welchen aus eine beginnende Umwandlung des Nebengesteins in dieselben Mineralien zu verfolgen ist. Anderntheils aber finden sich nirgends derartige Bildungen an Gesteinen, welche man mit einigem Recht als krystallinische Schiefer ansieht.

Wenn ich nun noch einmal die Ergebnisse der Untersuchungen an dieser Reihe von Stubachiten und Stubachitserpentinen der östlichen Centralalpen zusammenfasse, so komme ich zu folgenden Resultaten. *Die untersuchten Gesteine sind intrusiver Entstehung*, was durch die Unregelmässigkeit ihres Auftretens, dann durch ihren massigen Habitus, den Mangel an Schichtung und die Uebereinstimmung eines grossen Theiles ihrer mineralischen Componenten mit denjenigen echter Massengesteine wahrscheinlich gemacht wird. Dazu kommen als directe Beweise für diese Anschauung die Umwandlungen des Nebengesteins zu normalen Bildungen der Contactmetamorphose und namentlich das Auftreten von Adern und Gängen mit Mineralien, welche nur mit pneumatolytischen und pneumatohydatogenen Processen in Verbindung gebracht werden können. *Die ursprünglichen, wasserhaltigen, wenig leichtflüssigen Schmelzmassen wurden in Hohlräume eingepresst, welche durch die Aufstauung des Gebirges durch Klaffen der Schichtenfugen der Schiefer sich gebildet hatten, und erstarrten dort als Tiefengesteine und unter der hohen Spannung der gebirgsbildenden Kräfte zu einem meist regelmässig verwachsenen Aggregat von Olivin und Antigorit, wobei vermuthlich der ganze Wassergehalt des ursprünglichen Magmas zur Bildung des Antigorits aufgebraucht wurde. Das verfestigte Gestein erlitt nun durch die fortdauernden Einflüsse der Gebirgsfaltung eine innere Zermalmung, wodurch es ermöglicht wurde, dass die der Intrusion folgenden Exhalationen von Dämpfen und*



Gasen das ganze Gestein gleichmässig durchdrangen und mehr oder weniger vollständig von der Tiefe aus in Serpentin umwandelten. In diese so veränderten Gesteine ergossen sich überhitzte Lösungen, als die letzte Bethätigung der vulcanischen Kräfte; diese Lösungen führten zum Theil vorherrschend Magnesiasilicate, welche sie bei der fortdauernden starken Spannung auf den Klüften in Form von Olivin und Antigorit in regelmässiger Verwachsung absetzten, oder aber sie enthielten neben diesen in grösserer Menge Thonerde und Kalk, und gaben nun einestheils zu Absätzen von Kalkthonerde- und Kalkmagnesiasilicaten Anlass, anderntheils aber veränderten sie auch das umgebende Gestein dieser Gänge in weitgehender Weise zu körnigen bis dichten Aggregaten derselben Mineralien. Der Abschluss all dieser umwandelnden und mineralbildenden Vorgänge erfolgte indess noch vor der Vollendung der Gebirgsfaltung, und die beginnende Erosion fand die Peridotite und Serpentine der östlichen Centralalpen mit ihren Minerallagerstätten in derselben Ausbildung vor, wie sie uns heute erhalten sind.

München, Mineralogisches Institut, November 1894.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Stubachit und Antigoritserpentin.

Fig. 1 zeigt die regelmässige Verwachsung von Olivin (dunkel) und Antigorit (hell) in schönster Ausbildung aus dem Stubachit von den Todtenköpfen im Stubachthal. Gewöhnlicher ist die Erscheinung, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, wobei die secundäre Serpentinbildung schon begonnen hat, von demselben Vorkommniss. Vergrösserung bei beiden etwa 40 fach. Vergleicht man mit diesen die Fig. 3, welche einem Gestein vom Enzinger Boden im Stubachthale entnommen und etwa 180 fach vergrössert ist, so erkennt man auch hier deutlich den Unterschied zwischen den primären Lamellen von Antigorit und den durch Zersetzung entstandenen schuppigen Aggregaten desselben Minerals. Fig. 1 ist zwischen gekreuzten Nicols, Fig. 2 und 3 im gewöhnlichen Licht aufgenommen.

Fig. 4 und 5 stellen die Gitterstructur im fertigen Serpentin bei gekreuzten Nicols dar. Fig. 4 in einem Gestein vom Hackbrettl, Stubachthal, Vergrösserung ca. 40 fach, Fig. 5 in einem solchen von der Goslerwand bei Prägraten, Vergrösserung ca. 70 fach. Die Zusammenstellung der Tafel ergibt deutlich, dass man als Ursache der Gitterstructur nur die primären Lamellen von Antigorit betrachten darf, nicht aber die secundäre Serpentinbildung, welche stets wirrschuppige Aggregate liefert.

Tafel II.

Ungewöhnliche Structurformen des Serpentins.

In Fig. 1 und 2 (beide bei 40 facher Vergrösserung und + Nicols) sieht man die Umwandlung von Diallag zu parallelschuppigen Aggregaten von Antigorit; man erkennt in Fig. 1, welche aus einem Vorkommniss von der Eichamwand bei Prägraten photographirt wurde, noch deutlich die ursprüngliche Zwillingslamellirung des Diallags an der verschieden orientirten Auslöschung der Antigoritstreifen. In Fig. 2 vom Islitz-Fall bei Prägraten zeigt die Pseudomorphose ungewöhnlich deutliche Krystallform.

Fig. 3 stellt einen wirrschuppigen Chloritfels dar, welcher am Contact des Serpentins an der Goslerwand gesammelt wurde, in dem sich Epidotindividuen in eigenartiger Weise verästeln, welche durch ihre kräftige Lichtbrechung hervortreten.

Fig. 4 und 5 geben die Ausbildung charakteristischer Chrysotilserpentine. Fig. 4 einen solchen von der Eichamwand bei Prägraten zwischen gekreuzten Nicols, wobei leider die Erscheinung der Faserung der einzelnen Maschen, welche im Original in grosser Deutlichkeit vorhanden ist, in der Reproduction verloren ging; Reste von Olivin sind hier nicht vorhanden.

Fig. 5 wurde einem Vorkommniss von der Burgumer Alp, Pfitscherthal, entnommen, die Maschen werden hier durch Schnüre opaker Erze angedeutet schon im gewöhnlichen Lichte sichtbar, Reste von Olivin (dunkle, zusammenhängende Partieen in der Fig.) sind häufig.

Tafel III.

Neubildungen im Serpentin.

Die Figuren 1, 2 und 3 zeigen die Art des Auftretens der Gänge mit regelmässigen Verwachsungen von Olivin und Antigorit im Stubachit und Serpentin des Stubachthales. Fig. 1 und 2 sind Proben von den Todtenköpfen entnommen, Fig. 3 einer solchen vom Rettenkopf. Vergrösserung Fig. 1 ca. 40fach, 2 und 3 ca. 70fach. Fig. 1 und 3 im gewöhnlchen Licht, 2 zwischen + Nicols.

Fig. 4 stellt die Umwandlung von Diallag in Granat dar. Vergrösserung ca. 40fach, + Nicols. Ein zerfetztes Stück des Diallags liegt in der isotropen Granatmasse, von welcher Ausläufer auf Rissen in den Diallag hineinragen. Aus dem dichten Granatfels vom Hackbrettl, Stubachthal.

Fig. 5 lässt wohlausgebildete dodekaëdrische Mikrolithen von Granat in einem kleinen Quarzgang im dichten Granatfels erkennen. Burgumer Alpe, Pfitscherthal. Vergrösserung ca. 270fach.

Tafel IV.

Deformationen durch den Gebirgsdruck.

Fig. 1. Umbiegung von Diopsidkrystallen in Kalksilicathornfels vom Hackbrettl, Stubachthal. + Nicols, Vergrösserung ca. 40fach.

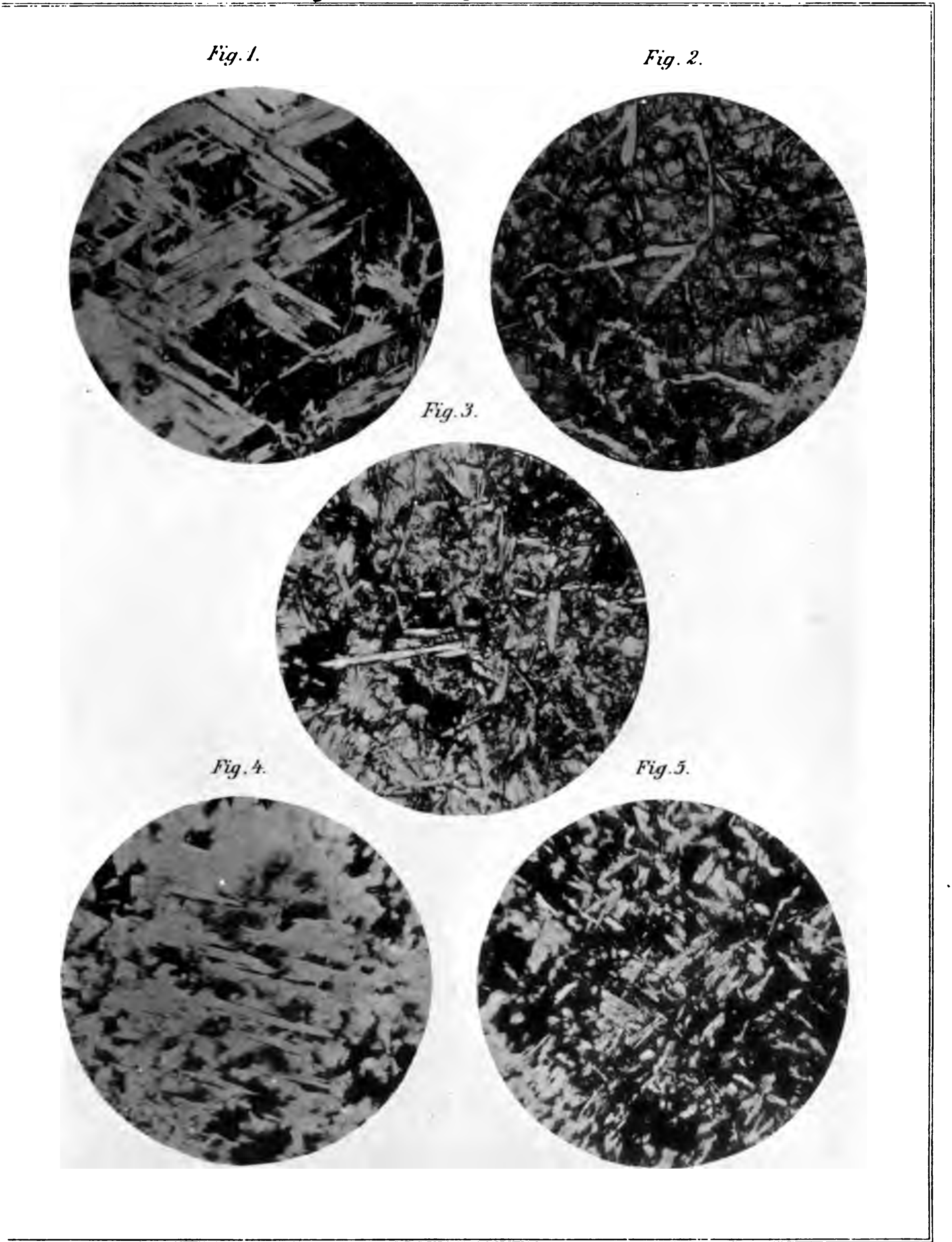
Fig. 2. Secundärer Tremolitkrystall im Serpentin der Todtenköpfe, Stubachthal, durch Gebirgsdruck in kleine, wenig gegen einander verschobene Rauten zerlegt. + Nicols, Vergrösserung ca. 40fach.

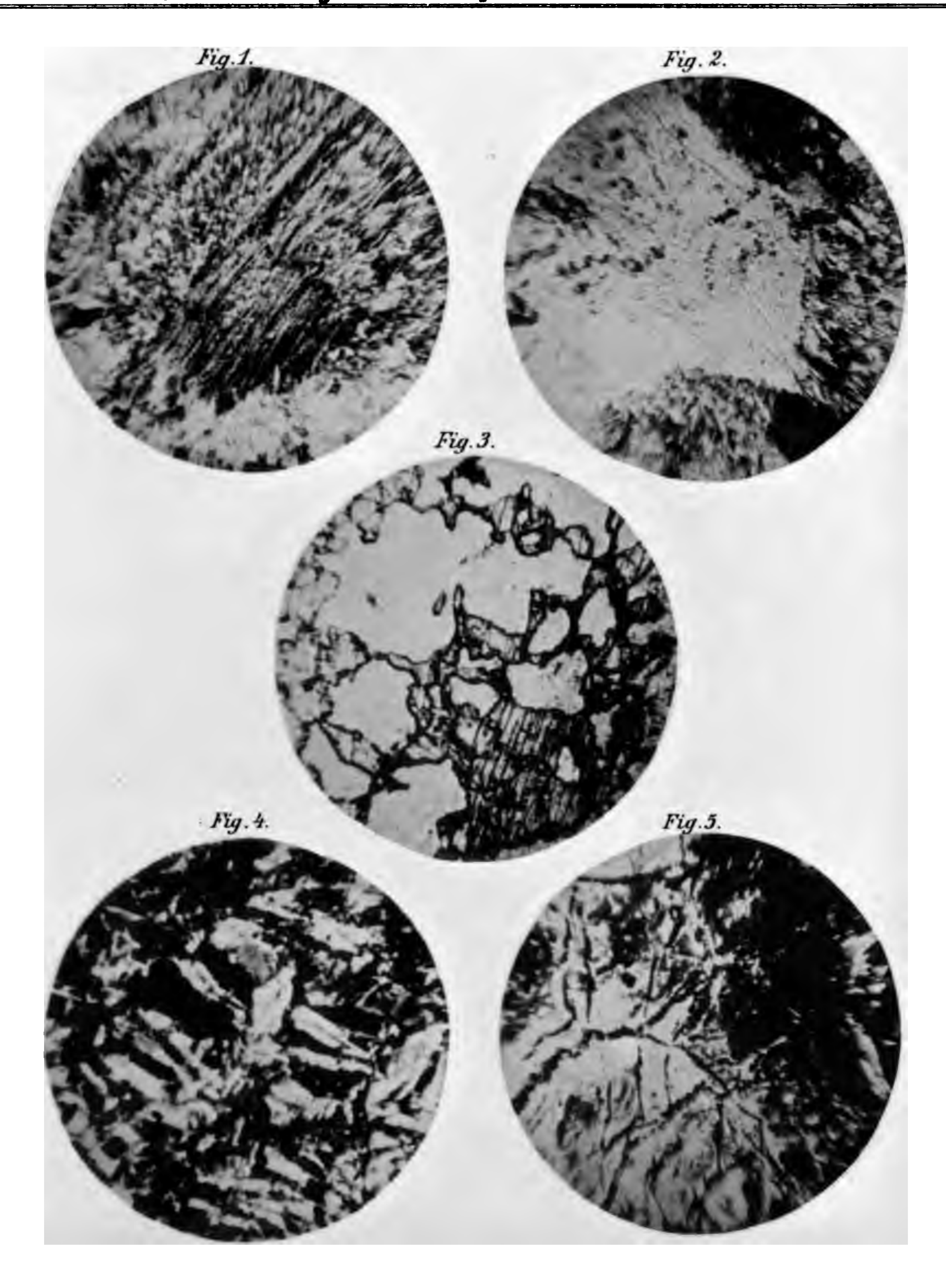
Fig. 3. Verbogene Zwillingslamellen in Kalkspath. Kalksilicathornfels, Islitz-Fall bei Prägraten. + Nicols, Vergrösserung ca. 40fach.

Mineralien der Contactbildungen.

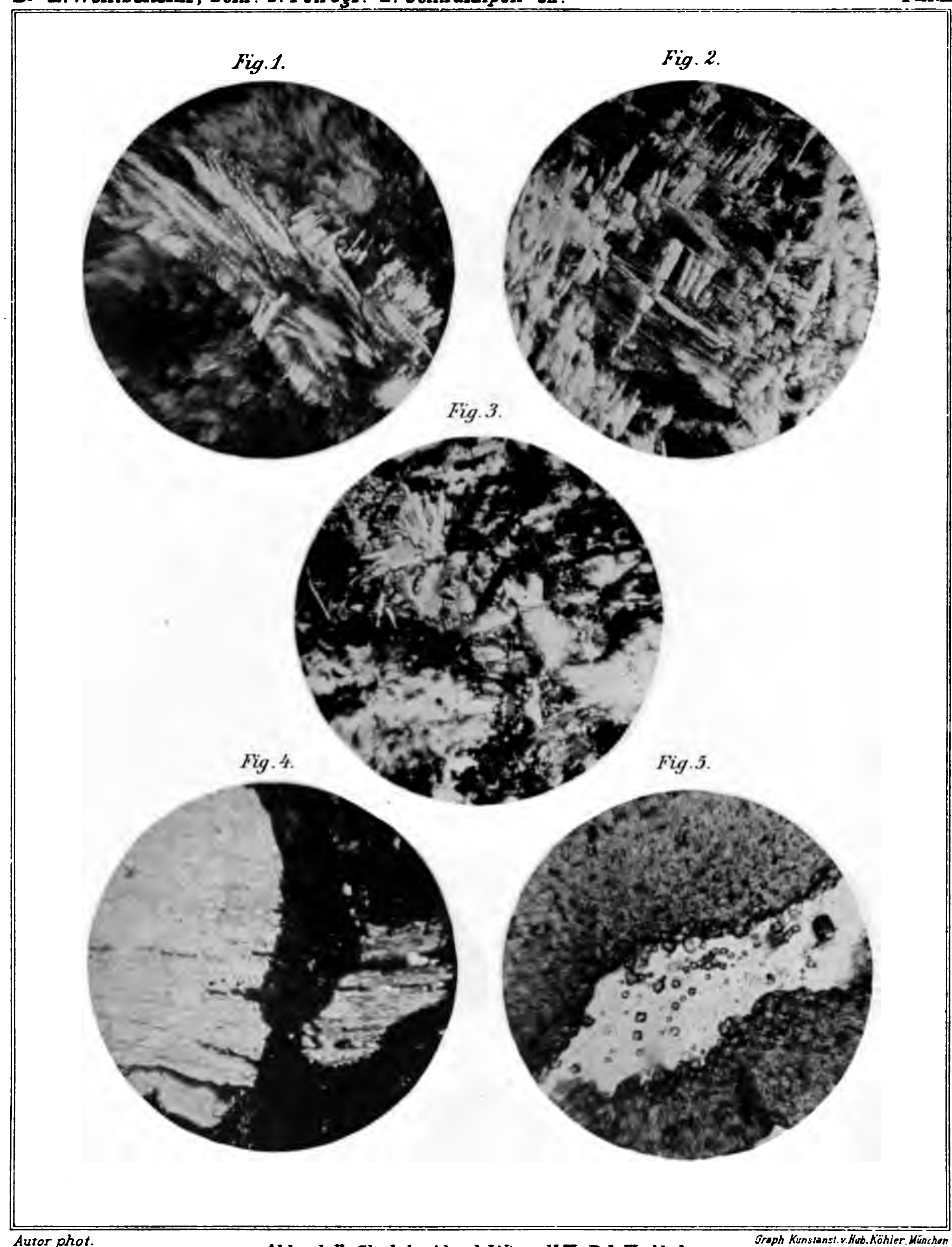
Fig. 4. Scharf ausgebildete Krystalle von Epidot in einer Plagioklasgrundmasse. Hornblendegarbenschiefer, Goslerwand bei Prägraten. Gewöhnliches Licht. Vergrösserung ca. 70fach.

Fig. 5. Granat mit anomaler Doppelbrechung. Kalksilicathornfels, Eichamwand bei Prägraten. + Nicols, Vergrösserung ca. 40fach.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.

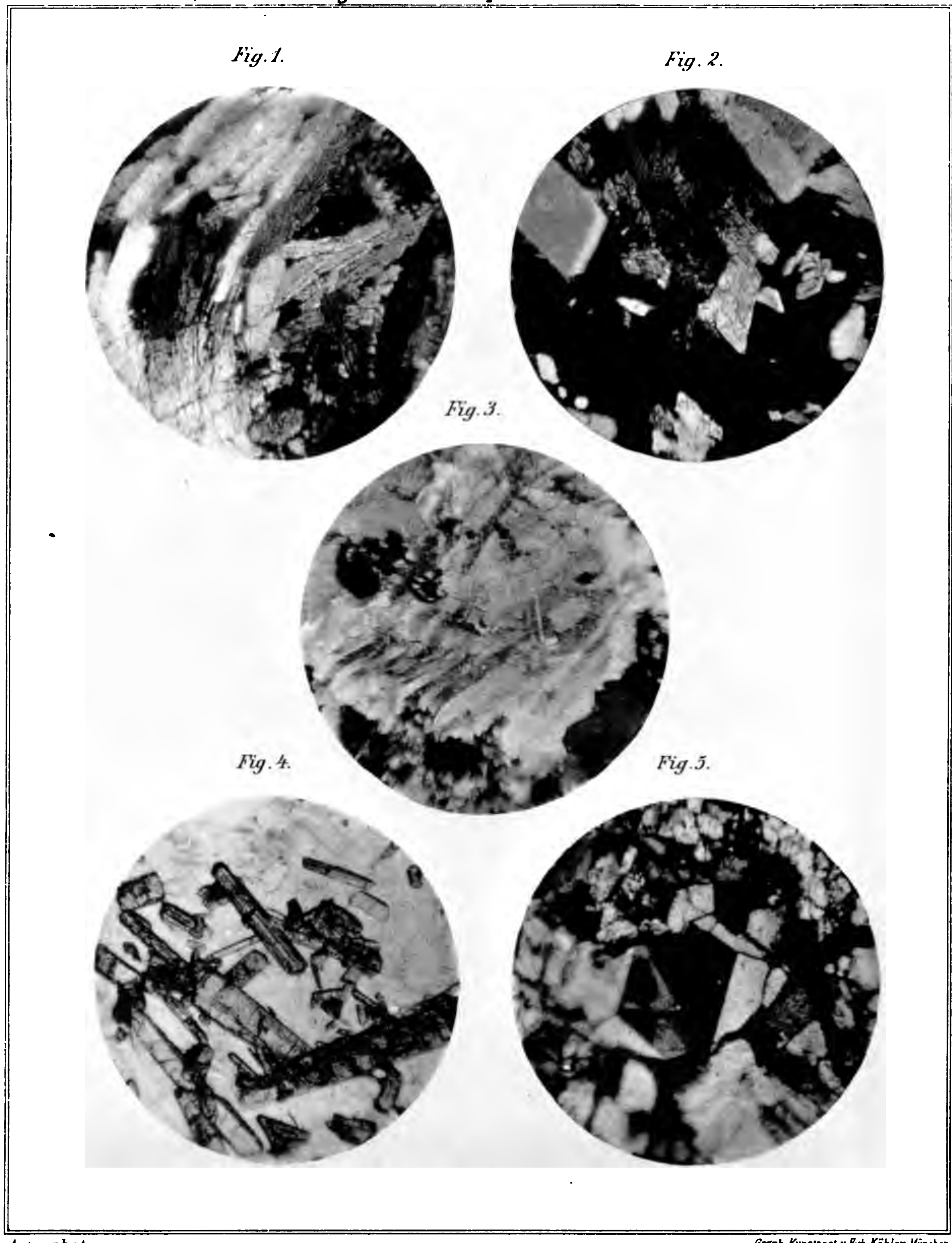


r phot. Graph. Kunstanst. v. Jul. Köhler, München



Autor phot.

Graph Kunstanst. v. Hub. Köhler. München



Autor phot. Graph. Kunstanst. v. Rub. Köhler, München

